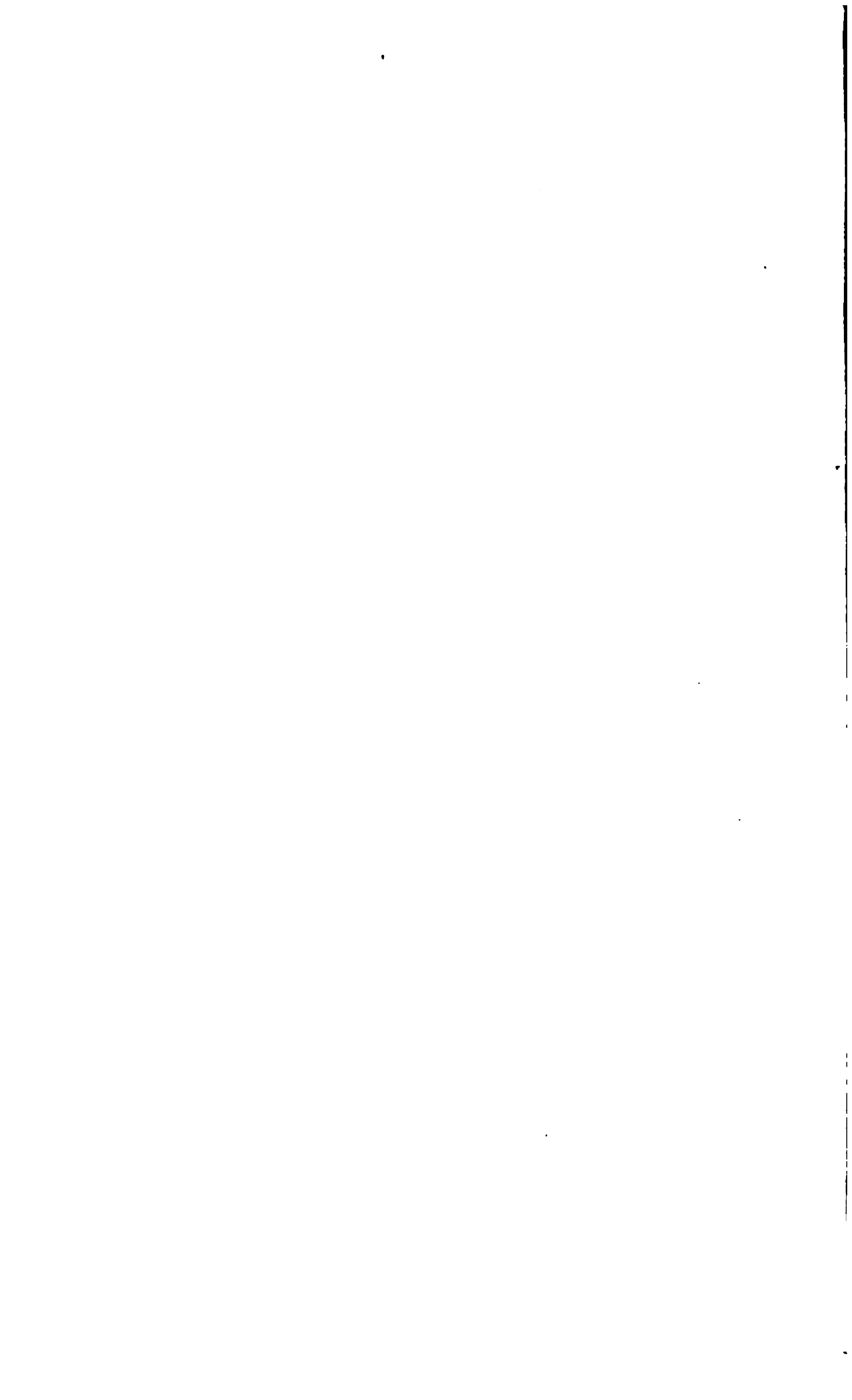






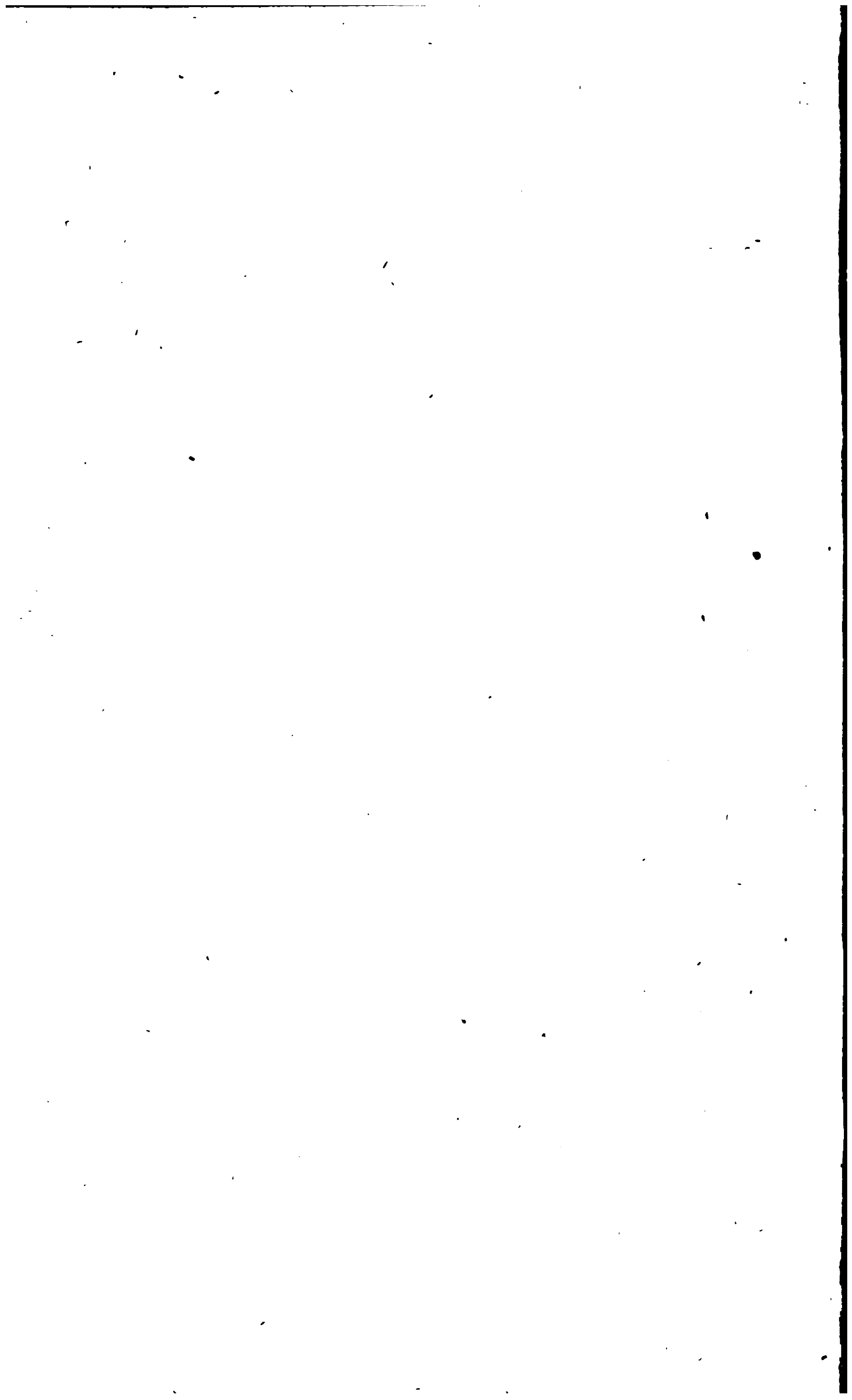


ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXV.



ANNALEN
DER
PHYSIK
UND
CHEMIE.



HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

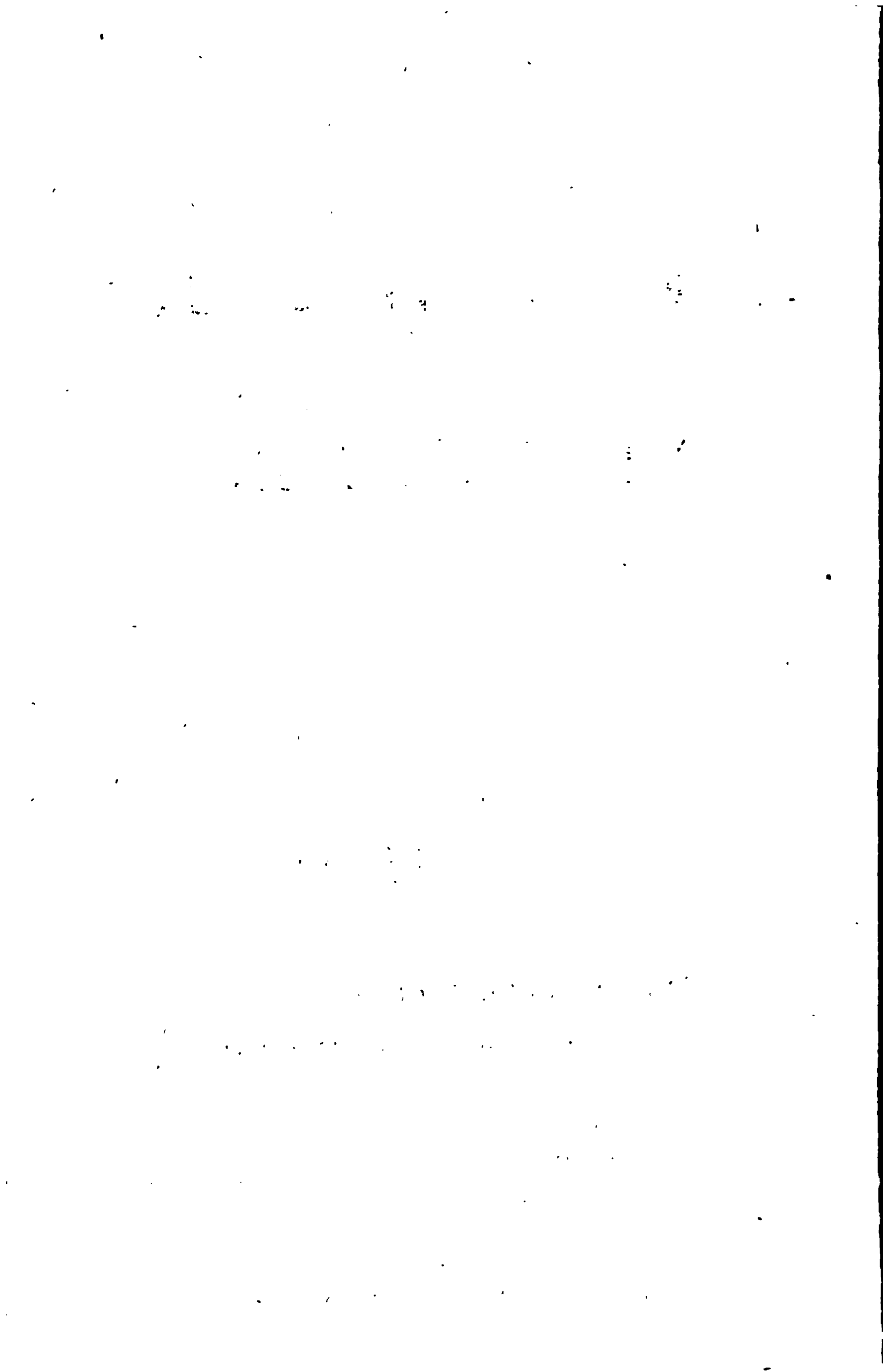
65

FÜNF UND SECHSZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND FUNFZIGSTER.

NEBST ZWEI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1845.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.



ANNALEN
DER
PHYSIK
UND
CHEMIE.

DRITTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

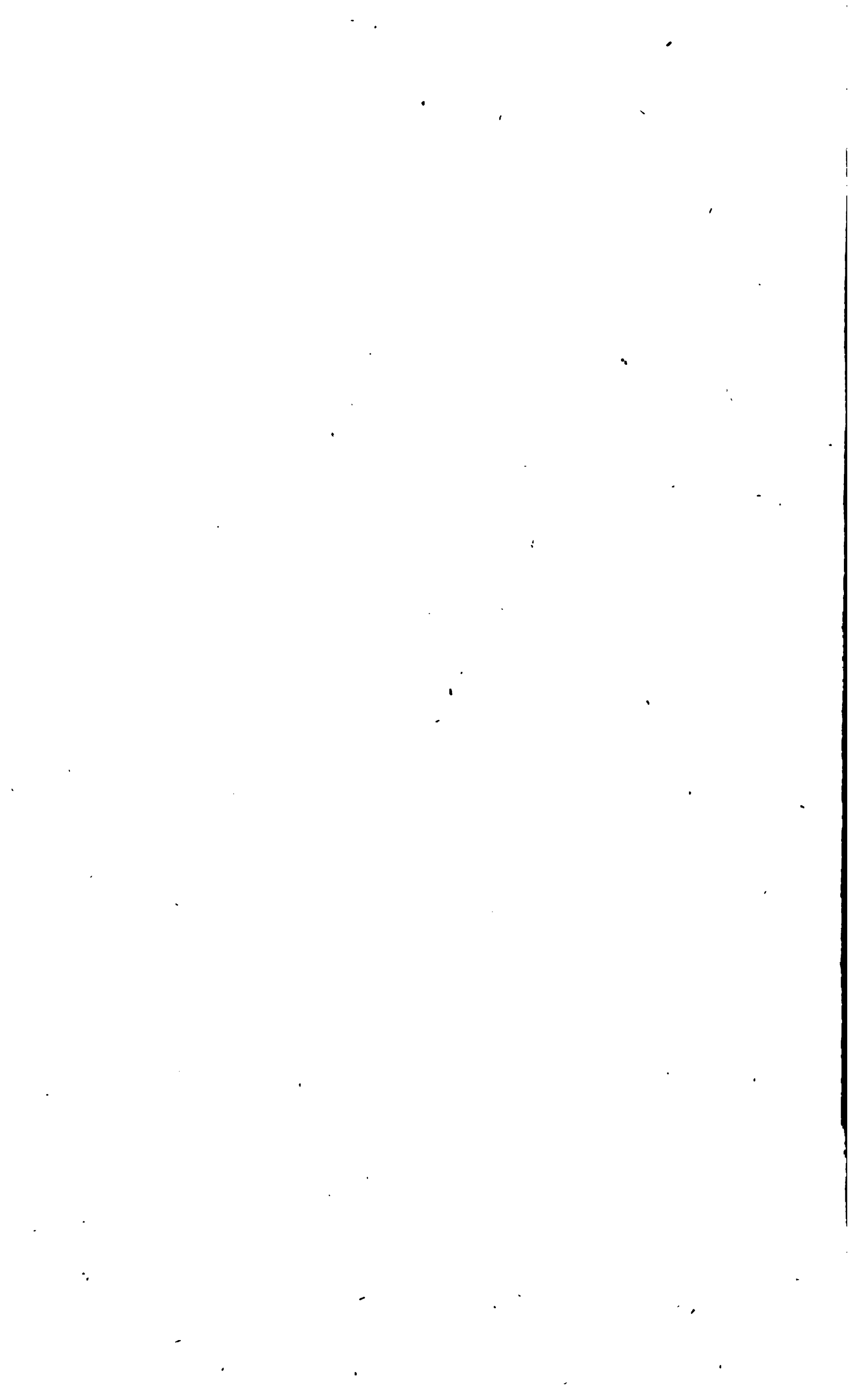
VON

J. C. POGGENDORFF.

FÜNFTER BAND.

NEBST ZWEI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1845.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.



Inhalt
des Bandes LXV der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Zweites Stück.

Drittes Stück.

Viertes Stück.

Nachweis zu den Kupfertafeln.

1845. ANNALEN № 5.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXV.

I. *Ueber den Pleochroismus der Krystalle;*
von W. Haidinger.

(Aus den Abhandlungen der K. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften, V. Folge, Bd. 3, vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

I. Vorwort.

Die analytische Behandlung der in das Gebiet der Optik gehörenden Fragen ist durch den Scharfsinn der ausgezeichnetsten Mathematiker bereits zu einer solchen Ausdehnung entwickelt, daſs wohl kaum eine Beobachtung an den natürlichen Krystallen gemacht werden kann, die sich nicht für den Calcul auf bereits bestehende Formeln zurückführen, oder mit solchen in Verbindung bringen lieſse. Durch das Streben nach Priorität ist man auch wohl veranlaſst worden, die spätere, oft in einer anderen Absicht als zur Bestätigung der Formeln gemachte Beobachtung, als ein vorher gesagtes Resultat zu bezeichnen, und dadurch den directen Beobachtungen gewissermaſsen einen untergeordneten wissenschaftlichen Werth angedeihen zu lassen. Wenn aber auch die allgemeine Uebersicht, die Ehre des menschlichen Geistes, das Streben ist, dem wir folgen, indem wir zwei einzelne Beobachtungen unter gemeinschaftlichen Begriffen verbinden, so wird selbst durch die vollendetste Theorie das Studium des Einzelnen nicht uninteressanter, und der Mineraloge insbesondere ist durch die Grundsätze der Naturgeschichte verpflichtet, eben dieses Einzelne zu erforschen, und in der jetzt mehr als jemals unvermeidlichen Theilung der Arbeit dem Physiker möglichst entwickelt, als vollendete Beobachtung darzubieten. Das Individuum

in der Natur ist das Gegebene, welches wir bewundern und erforschen sollen.

Ich glaube daher in der Zusammenstellung einiger directer Beobachtungen von Lichtabsorption an optisch ein- und zweiaxigen Krystallen, bezogen auf die Lage der Krystallflächen, doch einige Anhaltspunkte für die Vergleichung mit den Formeln und für die allgemeinere Klarheit in der Betrachtung der Erscheinungen selbst zu geben. Vieles ist bereits von Sir David Brewster in seiner schönen Abhandlung in den *Philosophical Transactions* vom Iahre 1819 und später geleistet worden, manches von Biot, Arago, Soret, Marx, v. Kobell und andern Forschern. Ich beabsichtige jedoch hier nicht eine Geschichte, eben so wenig eine Sichtung oder Beurtheilung des Vorhandenen, sondern einen Beitrag von Beobachtungen, die neu angestellt oder wiederholt sind.

Ich darf nicht unterlassen, für die Möglichkeit so mancher Beobachtungen an Exemplaren des k. k. Hof-Mineraliencabinets der zuvorkommenden Gefälligkeit des k. k. Herrn Custos P. Partsch meinen Dank darzubringen. Auch Hrn. Dr. Baader verdanke ich die Mittheilung mancher interessanter Krystalle.

II. Pleochroismus.

Man hat sich ursprünglich zur Bezeichnung der Beobachtung von zweierlei Farben in verschiedenen Richtungen an einem vollkommen gleichförmigen Krystall ausschliefslich des Wortes *Dichroismus* bedient. Wenn auch durch Zwischentinten verbunden, gilt diefs von optisch einaxigen Krystallen. Turmalin ist senkrecht auf die Axe grün oder braun, parallel derselben fast undurchsichtig, stets viel dunkler als in der ersten Richtung. Cordierit, von einem solchen Farbenvorkommen früher Dichroit genannt, wird oft noch eben so gefärbt beschrieben, obwohl schon Sir John Herschel die drei senkrecht auf einander zu

beobachtenden Farben gut von einander unterschied [1]). Als später am Topas und andern Species die dreifache Verschiedenheit in den drei senkrecht auf einander stehenden Axen von Soret und Andern bemerkt wurde, nannte man diese Modification *Trichroismus*. Beudant begreift sie beide unter dem Namen *Polychroismus*. Wenn man von den Krystallen, welche die hieher gehörigen Erscheinungen zeigen, Kugeln schleift, so gewahrt man nebst den reinen oder Gränztinten auch alle die dazwischen liegenden; man bemerkt, wenn auch nicht viele, doch *mehrere* Farben, daher zur Bezeichnung des ganzen Verhältnisses, wo ein besonderer Ausdruck wünschenswerth scheint, das Wort *Pleochroismus* wohl am passendsten gefunden werden dürfte, da die beiden, Dichroismus und Trichroismus, doch zu beschränkt erscheinen, wenn sie auch innerhalb gewisser Gränzen sehr brauchbar sind.

III. Beobachtung.

Es giebt Krystalle, die, wie der Turmalin, Cordierit und andere, schon im gewöhnlichen Lichte in verschiedenen Richtungen verschiedene Farben zeigen. Auffallender wird die Beobachtung im polarisirten Lichte, indem man beim Durchsehen durch ein und dasselbe parallele Flächenpaar, je nach der Lage der Polarisationsebene, zwei verschiedene Farben bemerkt. Brewster giebt in jener Abhandlung bloſs an, „*im polarisirten Lichte*"; er hielt dabei den Krystall entweder parallel oder senkrecht auf die durch einen Spiegel hervorgebrachte Polarisationsebene. Soret [2]) bediente sich mit Arago und Biot einer im dunklen Grunde gemachten Oeffnung, vor welche der Krystall befestigt und dann durch ein achromatisirtes Kalkspathprisma betrachtet wurde.

1) Ueber das Licht. Uebersetzt von Schmidt. 1829.

2) *Recherches sur la position des axes de double Refraction etc. Genève*, 1821.

Eine so einfache und brauchbare Vorrichtung, dafs sie sich in dem Besitz eines jeden Mineralogen befinden sollte, ist die *dichroskopische Loupe*, Fig. 1. Taf. I. im Durchschnitte dargestellt. Eine dünne, längliche Theilungsgestalt von Doppelspath ist an beiden Enden mit Glasprisma von 18° versehen, und an einer Seite mit einer gewöhnlichen Loupe. Eine kleine Lichtöffnung an der andern erscheint durch die Loupe doppelt.

Die von mir beschriebenen [1]) gelben Lichtbüschel, welche man durch vergleichende Betrachtung der zwei Lichtbilder in denselben auffindet, zeigen die Richtung der Polarisation, um sich orientiren zu können.

In dem ordinären Strahle *O* Taf. I. Fig. 2. liegen sie in der Ebene, welche beide Strahlen enthält; in dem extraordinären Strahle *E* stehen sie senkrecht darauf, bei gleicher Stellung der Hauptaxe, wie sie hier angenommen ist. Durch den Contrast beobachtet man auf diese Art viel sicherer, als im gewöhnlichen polarisirten Lichte. Baden Powell hat eine dieser analoge Vorrichtung als Analysirer bei einem Polarisations-Instrument zur Untersuchung der Circularpolarisation in Flüssigkeiten angebracht [2]).

Bei den achromatisirten Kalkspathprismen divergiren die Bilder, während sie hier stets knapp neben einander liegen und um desto genauer verglichen werden können.

IV. Dichroismus einaxiger Krystalle.

Ein mit seiner Axe vertical gestellter Turmalinkrystall durch diese Loupe besehen, giebt ein oberes schwarzes, und ein unteres viel helleres Bild, als der natürliche Krystall selbst zeigt.

In der Richtung der Axe oder senkrecht auf die Endfläche gesehen, ist das obere und das untere Bild gleich schwarz. Man kann diese Farbe *A* als die *Farbe der*

1) Poggend. Annal. für 1844, Bd. 63 S. 29.
2) Poggend. Annalen für 1843, Bd. 59 S. 640.

Basis oder der Endfläche betrachten. Das Dichroskop giebt sie als aus gleichen *O* und *E* zusammengesetzt, die in jeder Richtung sich das Gleichgewicht halten. Die Farbe der Prismenflächen *B* besteht aus einem *O* von der Farbe der Basis und einem *E* von der Farbe der Seitenflächen. Man kann sie die *Farbe der Axe* nennen. Man behält sie bei jeder Drehung des Krystalls um die verticale Axe im unteren Felde des Dichroskops.

Diese Verhältnisse finden bei allen einaxigen, den rhomboëdrischen und den pyramidalen Krystallen statt. Zur Vergleichung mit den prismatischen ist hier das pyramidale quadratische Prisma Fig. 3. Taf. I. mit seiner Basis von der Farbe *A*, seinen Seitenflächen von der Farbe *B*, und seiner Axe von der Farbe *a* gezeichnet. Kreuzt man zwei Platten von Turmalin, so mufs natürlich das *E* von dem ersten als durch die Drehung von 90° zu *O* geworden, von der zweiten Platte absorbirt werden.

Die folgende Liste enthält einige der beobachteten Varietäten der meisten als dichromatisch bekannten Species, nebst Angabe der Farbe der Basis im oberen Felde *O*, und der Axenfarbe im unteren Felde *E* des Dichroskops.

A. Rhomboëdrische Krystalle.

1. Mit negativer optischer Axe.

Species.	Localität.	*O.* Farbe d. Basis.	*E.* Axenfarbe.
1. Apatit, Spargelstein	Cabo de Gata	Weingelb	Spargelgrün.
Apatit	Schlaggenwald	Berggrün	Entenblau.
	dito	Seladongrün	Indigblau.
	dito	Lavendelblau	Rosenroth.

Die Farbe der Basis ist constant nach dem Spectrum in der Richtung vom Violetten durch das Blaue, Grüne, Gelbe fortschreitend, gegen die der Axenfarbe. Die Schattirungen jeder derselben bilden eine eigene Farbenreihe. Auch im gewöhnlichen Lichte ist bei mehreren Apatiten die Farbenverschiedenheit wahrnehmbar.

2. Kalkspath	St. Denis	Honiggelb, röthlich	Weingelb, blafs.

Die Verschiedenheit beim Durchsehen zeigt auch im gewöhnlichen Lichte die erstere Farbe deutlich in der Richtung der Axe, die zweite senkrecht auf dieselbe.

3. Rothmangan	Kapnik	Rein rosenroth	Gelblich rosenroth.

Sowohl bei den Rhomboëdern als bei den skalenoëdrischen Krystallen beobachtet.

4. Oli[illegible]	Vesuv	Dunkellauchgrün	Hyacinthroth

Species.	Localität.	*O.* Farbe d. Basis.	*E.* Axenfarbe.
4. Glimmer	Zillerthal		
5. Chlorit			
1. Blafs entenblau		Entenblau in's Indigblaue	Blafs olivengrün.
2. Tief berlinerblau gefärbt		Tief berlinerblau	Blafs entenblau.
3. Hellblau		Berlinerblau	Blafs smalteblau in's Berggrüne.
4. Rubin, zwischen carmoisinroth und pflaumenblau		Violblau	Gelblichweifs.
5. Krystallfragment, röthlich grau		Blafs violblau	Gelblichweifs.
6. Salamstein, blafs rosenroth		Blafs violblau	Gelblichweifs.
7. Carmoisinroth		Carmoisinroth	Blafs rosenroth.
8. Tief carmoisinroth		Carmoisinroth	Fleischroth.
7. Smaragd	Peru	Gelblich smaragdgrün	Blaulich smaragdgrün.
Beryll	Sibirien		
licht berggrün		Schwach gelblichgrüner Stich	Zwischen berggrün und himmelblau.
berggrün		Grünlichweifs	Himmelblau
ölgrün		Wenig dunkler ölgrün	Wenig lichter ölgrün.

Die Farbe der Basis jederzeit mehr ölgrün, vom Grünen in's Gelbe geneigt, als die Axen-

farbe. Brewster giebt zwar auch das Gegentheil an; eine grofse Anzahl von Krystallen bot stets das hier bemerkte Resultat.

Species.	Localität.	*O.* Farbe d. Basis.	*E.* Axenfarbe.
8. Turmalin	Sibirien	Schön carmoisinroth	Rosenroth.
	Elba	Dunkel rosenroth	Licht rosenroth.
	dito	Gelblichweifs	Wasserklar.
	dito	Oelgrün	Grünlichweifs.
	dito	Oelgrün	Grünlichgrau.
	Brasilien	Oelgrün	Seladongrün.
	dito	Lauchgrün	Seladongrün.
	Elba	Pistaciengrün	Grasgrün.
	Brasilien	Grünlichschwarz	Dunkel pistaciengrün.
	Bahia, Brasilien	Indigblau	Blafs berggrün.
	Platten, Böhmen	Dunkel blaulichgrün	Licht haarbraun.
	Brasilien	Schwarz	Haarbraun.
	dito	Dunkel bräunlichroth	Gelblichbraun.
	Sibirien	Schwarz	Oelgrün.
	dito	Gelblichbraun	Sehr blafs ölgrün.

Man nimmt besonders bei den grünen Tinten wahr, dafs die Farbe der Basis mehr gelblich

Violet gegen Roth fortschreitend. Wohl bemerkt man auch gerade das Gegentheil bei den blauen Turmalinen. Aber die so deutliche Absorption des ordinären Strahles ist so stark, dafs nicht alle Farben sich gehörig an einander reihen liefsen. Vor der Hand mögen die obigen Angaben als einzelne unzusammenhängende Beobachtungen gelten. Reihen von Untersuchungen gleich dicker Platten sind bei den dunkeln Varietäten wünschenswerth.

2. Mit positiver optischer Axe.

Species.	Localität.	*O.* Farbe d. Basis.	*E.* Axenfarbe.
1. Quarz, Rauchtopas, nelkenbraun	St. Gotthard	Sehr blafs nelkenbraun in's blafs Violblaue	Licht gelblichbraun, dunkler als jenes.

Beim Rauchtopas nimmt man deutlich durch zwei gegenüberstehende Prismenflächen die gelben Lichtbüschel in der Richtung der Axe wahr.

Amethyst, violblau	Sibirien	Violblau	Blässer violblau.

Der gyroidische Charakter der Krystallreihe, die Circularpolarisation des Lichtes in der Species, theilt sich auch den Farbenerscheinungen derselben mit, von welchen hier einige berührt werden mögen, wenn ich auch die Optiker einladen mufs, diesen höchst merkwürdigen Gegenstand ausführlicher zu betrachten, vorzüglich in ausgezeichneteren Krystallen, als die mir zu Gebote standen, und den ich mich hier begnügen mufs, nur leise angedeutet zu haben.

Durch zwei parallele Flächen des Prisma's *r*, Fig. 4. Taf. I., ist das obere ordinäre Bild 1. nur ein ganz kleines Wenig mehr violet gefärbt, als das untere 2. Durch zwei parallele Flächen

P oder z ist das obere Bild merklich dunkler als das untere; aber zugleich ist bei P das obere Bild mehr bläulich, das untere klarere röthlich, bei z dagegen ist das obere Bild röthlich, das untere aber bläulich und klar, oft ganz ohne Spur von Roth. Oft wechseln aber die Erscheinungen plötzlich auf einer und derselben Fläche ab, so wie man mit der Beobachtung von einem Individuo der in den natürlichen Krystallen lagenförmig abwechselnden Theilchen auf das andere kommt. Besonders geschieht diefs bei der Beobachtung durch die gröfseren P-Flächen, auf welchen auch die Farbenstreifung im Innern parallel den beiden andern P-Flächen deutlich zu sehen ist.

Man hat oft Gelegenheit die Verschiedenheiten der Farbentinten einzeln, besonders an geschliffenen Stücken zu beobachten. Brewster hat deren unter andern sehr schöne und mannigfaltige angegeben, aber die Orientirung nach den Krystallflächen bietet bedeutende Schwierigkeiten dar. Violblau und Rosenroth, Violblau und Himmelblau erscheinen deutlich in den gut gefärbten brasilianischen Amethysten, das Gelbe giebt meistens zwei gleich gefärbte Bilder, nur zuweilen scheidet sich ein blasses Nelkenbraun ab, ähnlich der Erscheinung am Rauchtopas. Bekanntlich findet man oft violblaue, gelbe und ganz weifse wasserklare Theile an einem und demselben Stücke.

Species.	Localität.	*O.* Farbe d. Basis.	*E.* Axenfarbe.

B. Pyramidale Krystalle.

1. Mit negativer optischer Axe.

Species.	Localität.	*O.* Farbe d. Basis.	*E.* Axenfarbe.
1. Uranglimmer, Chalkolith	Schlaggenwald	Grasgrün	Spangrün.
		Beide in's Smaragdgrüne. Gleiche Grade der Durchsichtigkeit.	
2. Idokras	Piemont	Oelgrün	Grasgrün.
		Im Ganzen pistaciengrün senkrecht auf die Axe.	

Sehr starker Farbencontrast; die braunen Varietäten zeigen keinen Dichroismus.

3. Anatas	Brasilien	Bläulich	Gelblich.

Farbe im Ganzen zwischen gelblich- und nelkenbraun.

2. Mit positiver optischer Axe.

Species.	Localität.	*O.* Farbe d. Basis.	*E.* Axenfarbe.
1. Apophyllit	Tyrol	Bräunlichweifs	Milchweifs.

Die schönen durchsichtigen Krystalle aus dem Fassathal haben oft in der Mitte einen isabellgelben Fleck; die weifse Farbe des Ganzen neigt sich etwas in's Spargelgrüne. Die bräunliche Tinte ist dunkler als die bläuliche.

Apophyllit	Poonah	Gelblichweifs	Berggrün.

Im Ganzen zwischen Berggrün und Spargelgrün. — Bei dieser ausgezeichneten Varietät, in der schönen Sammlung der Fr. v. Henickstein, ist die grüne Tinte dunkler als die gelbliche.

Species.	Localität.	*O.* Farbe d. Basis.	*E.* Axenfarbe.
2. Zirkon	Ceylon P. ∞ P.	Nelkenbraun	Spargelgrün.

Im Ganzen ein bräunliches Perlgrau.

Zirkon	Ceylon		
Blafs nelkenbraun.		Grau in's Violblaue	Grau in's Olivengrüne.
Zirkon	Ceylon		
Gelblichweifs.		Blafsblau	Blafsgelb.

Die rothen Hyacinthe P. ∞ P′ und die röthlichbraunen Varietäten aus Norwegen und Grönland färben beide Bilder gleich.

3. Rutil	St. Gotthardt	Reiches Gelblichbraun	Dunkelblutroth.

Kleine, sehr glattflächige Krystalle, die blutrothe Farbe bedeutend dunkler als die braune.

Im gewöhnlichen Lichte zeigen die rhomboëdrischen und pyramidalen Krystalle, in der Richtung der Axe gesehen, die Farbe der Base, senkrecht auf dieselbe, eine aus der Farbe der Base und der Axenfarbe gemischte Schattirung.

Bei der Farbenverschiedenheit des blauen heitern Himmels wirkt dieser wie ein einaxiger Krystall, dessen Axe durch die

V. Trichroismus der zweiaxigen Krystalle.

A. Orthotype.

Das orthotype System schliefst sich zunächst an das pyramidale, am meisten symmetrische, an. Man nenne *A*, Fig. 5. Taf. I., die *Farbe der Basis*, *B* die *Farbe der Querfläche*, z. B. $\infty \bar{D}$, *C* die *Farbe der Längsfläche*, z. B. $\infty \breve{D}$. Durch die dichroskopische Loupe zerfällt in der angeführten Stellung *B* in ein *O*, welches durch *c*, und in ein *E*, welches durch *a* bezeichnet werden mag; *C* in ein *O*, welches durch *c*, und in ein *E*, welches ebenfalls durch *a* bezeichnet wird; denn es stimmt gänzlich mit der auf der Fläche *B* beobachteten Farbe *a* überein.

Die Fläche *A* stelle man nun so vertical, dafs *B* horizontal wird. Nun zerlegt sich die Farbe *A* in ein *O*, welches die Farbe *b*, und in ein *E*, welches die Farbe *c* zeigt. Durch *a* wird die *Farbe der Axe* bezeichnet, welche senkrecht auf *A* steht, durch *b* die *Farbe der Längsdiagonale*, welche senkrecht auf *B* steht, durch *c* die *Farbe der Querdiagonale*, welche senkrecht auf *c* steht. Nun ist *A* gemischt aus *b* und *c*, *B* aus *a* und *c*, *C* aus *a* und *b*. Jeder orthotype pleochromatische Körper zeigt wenigstens diese sechs Tinten, drei Axenfarben und drei Flächenfarben.

Die zwei Hauptverschiedenheiten in den Erscheinungen selbst sollen hier an zwei Beispielen, dem Cordierit und dem Andalusit, näher erörtert werden.

1. Cordierit.

Der Name Dichroit wird wohl nun immer weniger anpassend bei sechs Farbentinten, die sich auf drei senkrechte Hauptfarben bringen lassen, anstatt zweien, dagegen der obige fester begründet, den Forscher zu ehren, an dessen erste Beobachtungen sich immer mehr Interes-

santes anknüpft. Die nachstehenden Beobachtungen b
ziehen sich auf einen geschliffenen Würfel von zwei L
nien Seite in dem k. k. Hof-Mineraliencabinette, von d
blasseren Varietät der Cordierite.

Die Farbe *A* ist ein schönes Blau, wenig in's Grau
ziehend, *B* ein blasses bläuliches Grau oder Blafsbla
C noch blässer und weniger bläulich als *C*. Diese let
tere ist es, welche oft gelblich, selbst ziemlich dunke
dabei aber recht klar erscheint.

Die Farbe der Axe *a* ist gelblichgrau oder bla
gelblichweifs, die Farbe der Längsdiagonale *b* rein bläu
lichgrau oder blafs bläulichweifs. Die Farbe der Quer
diagonale *C* ein schönes reines dunkel Berlinerblau. *A* is
gemischt aus *b* und *c*, bläulichgrau und dunkelblau, *B* au
a und *c*, gelblichgrau und dunkelblau, *C* aus *a* und *b*
gelblich und bläulichgrau. Ueberraschend ist die Wir
kung des Gelblichgrauen *a*, welches das dunkle kräftige
Blau *c* bis auf eine schwache Spur auslöscht, und der
schöne Contrast in den beiden Bildern des Dichroskops.

In vielen Varietäten des Cordierits giebt die Vermischung eines hellen Braun und des schönen dunkeln Blau doch nie ein Grün, sondern nur eine hellere bräunliche Farbe.

Dreht man den Krystall um die Linie *AA'* als Verticalaxe, so erscheint das untere Feld des Dichroskops *E* rund herum von der gelblichgrauen Farbe *a*, das obere *O* wechselt zwischen Dunkelblau und Bläulichgrau oder Lichtblau; dreht man ihn um die Linie *BB* als Verticalaxe, so erscheint unten *E* rundherum von der bläulichgrauen Farbe *b*, *O* wechselt oben zwischen Gelblichgrau und Dunkelblau, dreht man ihn endlich um die Line *CC* als Verticalaxe, so erscheint unten *E* rundherum von der schönen dunkelblauen Farbe *c*, *O* wechselt oben zwischen Gelblich und Bläulichgrau.

Dunkelblau steht in *A* senkrecht auf der optischen Mittellinie, welche den Axenwinkel von 62° 50' halbirt.

Die Ebene der Axen geht durch die Axe AA' und die Diagonale CC'. Die Axe ST und RV Fig. 6. Taf. I. werden von dunkelblauen Sectoren begleitet, wie Fig. 7. Die Büschel sind hell und verlieren sich einerseits in's Dunkelbaue, andererseits in's Gelblichgraue, wie sie sich auf einer Kugel, in der Richtung der Axen gesehen, darstellen.

2. Andalusit.

Etwas abweichend sind die Erscheinungen am Andalusit. Die Farben der Flächen sind: A ölgrün, in's Olivengrüne, B ölgrün, C olivengrün, viel blasser als B, beinahe grünlichgrau. Die Farben der Axen sind a dunkelblutroth, b olivengrün, c ölgrün. Der Andalusit absorbirt den rothen Strahl in seinen Farben vollständig, daher ist wohl A aus b und c gemischt, welche zwei grünen Farben sich sehr schön durch das Dichroskop trennen lassen, aber B ist $=c$, ohne Beimischung von a, und $C=b$, ebenfalls ohne Beimischung von a, beide grün ohne Roth. Dünne Platten nur lassen nebst dem Grün auch Roth durch, daher erscheinen zwei dünne röthliche Platten, parallel auf einander gelegt, grün, zwei gekreuzte natürlich roth, weil Kreuzung der Hauptschnitte dem durchgelassenen grünen Strahl den entgegengesetzten Charakter der Polarisation beilegt.

Die rothe Axenfarbe a ist die des extraordinären Strahles, bei aufrechter Stellung des Minerals nach AA'. Die Untersuchung der doppelten Brechung durch die Flächen ∞ O und $\infty \overline{\text{D}}$, letzteres hier B genannt, giebt den Charakter für AA' negativ wie beim Kalkspath. Das Brechungsverhältnifs für $O=1{,}631$, für $E=1{,}624$.

In der Reihe der Absorption ist, entgegengesetzt der Abstufung der Helligkeit, das blasse Olivengrün die stärkste, Oelgrün die mittlere, das dunkle Roth die schwächste Tinte.

Die optischen Axen haben die Lage der Linien NO

und *P Q* Fig. 8. Taf. I. Man beobachtet durch eine Kugel am Andalusit, Fig. 9., einen ölgrünen, zu beiden Seiten divergirenden lichten Büschel, in der Richtung *NO* zwischen *A* und *B'*, und zu beiden Seiten gegen *C* begleitet von rothen hyperbolischen Räumen. Die Linie *BB'* ist die Mittellinie, der Winkel *NMC*, welchen sie halbirt, ist $=87^\circ\ 33'$. Bei einer ganzen Umdrehung beobachtet man vier solcher Büschel- und Sectorensysteme, welche die Lage der optischen Axen andeuten. Die optische Queraxe ist die Linie *CC'*.

An den gewöhnlichen, fast nur an den Kanten durchscheinenden Andalusitvarietäten kann man den Contrast der rothen und der beinahe farblosen Tinten sehr leicht auf folgende Art beobachten. Man zerschlägt sie gröblich zwischen Papier, trägt das scharfe, sandartige Pulver mit Kanadabalsam zwischen zwei Glasplatten, und betrachtet es nun durch die dichroskopische Loupe. Beim Herumdrehen derselben erhält man leicht die Farbenverschiedenheit in einem und demselben Stücke. Bei den ganz schwarzen, scheinbar undurchsichtigen Turmalinen und andern dunkeln pleochromatischen Krystallen läfst sich auch ein Mikroskop anwenden, in dessen Focus man die kleinen Fragmente bringt, die nun ganz durchsichtig und farbig erscheinen. Auf das Ocular stellt man die dichroskopische Loupe mit der gehörigen Adjustirung des Instruments.

3. Verzeichnifs.

Folgende orthotype Mineralien zeigen den vorhergehenden analoge Farbenvertheilung, wenn auch nicht alle in gleich starkem Gegensatze. Sie haben alle die gemischten Flächenfarben, wie sie am Dichrojt vorkommen, während der Andalusit in seiner Art bisher noch einzig dasteht.

	Flächenfarben			Axenfarben		
	A	*B*	*C*	*a*	*b*	*c*
Anhydrit, Aussee	blaſsviolblau			violblau	sehr blaſs gelblich	violblau
Baryt, Felsöbanya Fig. 10 Taf. I	dunkelweingelb *k*	*P*	*s*	citronengelb	blaſs weingelb	dunkel
Baryt, Beira	blaſs nelkenbraun		weingelb	lichtstrohgelb	perlgrau	dunkel violblau
Baryt, vom Stahlberg	blaulichgrau in's Pflaumenblaue	grünlichweiſs	entenblau	spangrün	berlinerblau	perlgrau
Baryt, Pribram, derb	perlgrau			weingelb in's Graue		violblau graulich
Baryt, vom Giftberg	blaſs smalteblau			blaſs spangrün	lavendelblau	perlgrau
Cölestin, Herrengrund	smalteblau			entenblau	lavendelblau	perlgrau
Diaspor, Schemnitz	pflaumenblau	violblau	spargelgrün	himmelblau	weingelb	violblau
Topas, Brasilien	blaſs carmoisinroth			tief carmoisinroth	honiggelb	rosenroth

<table>
<tr><th rowspan="2"></th><th colspan="3">Flächenfarben</th><th colspan="3">Axenfarben</th></tr>
<tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th></tr>
<tr><td>Topas, Brasilien</td><td colspan="3">honiggelb</td><td>citronengelb</td><td>honiggelb</td><td>strohgelb</td></tr>
<tr><td>Topas, Brasilien</td><td>honiggelb röthlich</td><td>weingelb</td><td>rein honiggelb</td><td>weingelb</td><td>honiggelb</td><td>strohgelb</td></tr>
<tr><td>Topas, Sibirien</td><td>blafs berggrün</td><td>weifs</td><td>blafs berggrün</td><td>weifs</td><td>berggrün</td><td>weifs</td></tr>
<tr><td>Topas, Schottland</td><td colspan="3">berggrün
tief | blafs | tief</td><td>blafs berggrün</td><td>licht spangrün</td><td>grünlichweifs</td></tr>
<tr><td>Chrysolith</td><td colspan="3">pistaziengrün</td><td>ölgrün</td><td colspan="2">grasgrün | pistaziengrün
blafs</td></tr>
<tr><td>Brookit, Snowdon</td><td colspan="3">röthlichbraun</td><td>röthlichbraun in's Blutrothe</td><td></td><td>röthlichbraun</td></tr>
</table>

Durch den starken Farbencontrast gehören manche der Schwerspathvarietäten zu den merkwürdigsten pleochromatischen Körpern. Kein Edelstein kann schönere Farben zeigen, als der von v. Kobell zuerst als dichromatisch angegebene Schwerspath vom Stahlberg im Zweibrückischen [1]). Das Stück, welches oben beschrieben ist, etwa ¾ Zoll lang und halb so dick, hatte der k. k. Hr. Custos Partsch von Hrn. Prof. v. Kobell selbst erhalten. Wenn die Angabe der Farbentinten nicht ganz übereinstimmt, indem v. Kobell angiebt: »senkrecht auf die Axe gelblichgrau in's Bläuliche, in der Richtung derselben sapphirblau«, so hängt diefs wohl vorzüglich von abweichenden Dimensionsverhältnissen ab.

Es ist sehr merkwürdig, dafs bei den gelben Varietäten auf der Fläche *P* das obere ordinäre Bild heller ist, als das untere extraordinäre, so in Felsöbánya, in Janig bei Teplitz und anderwärts, auch bei den blauen und grünlichen Varietäten, vom Stahlberg, vom Giftberg bei Horowic. Gerade umgekehrt ist bei den nelkenbraunen das obere ordinäre Bild dunkler, als das untere extraordinäre. Der gelbe Lichtbüschel, den man beim Durchsehen wahrnimmt, ist auch entsprechend bei den ersteren nach der langen, bei den letzteren nach der kurzen Diagonale, dem vorwaltend polarisirten Strahle entsprechend gerichtet. Bei den ersteren ist der extraordinäre, bei den letzteren der ordinäre Strahl stärker absorbirt. Auch Brewster beobachtete die gelben (*E*) und blassen (*O*), und die gelben (*E*) und dunkelviolblauen — *purple* — (*O*) Tinten.

Die smalteblauen Baryte und die smalteblauen Cölestine geben unter sich fast ganz gleiche Resultate.

Die Farbentinten der Schemnitzer Diaspore ziehen alle in gewissen Varietäten in's Rothe, beim Kerzenlichte erscheinen sie alle mehr und weniger rosenroth oder carmoisinroth; besonders ist diefs nach der Beobachtung des

1) v. Leonhard's Jahrbuch für 1831, S. 128.

k. k. Bergwesens-Practicanten Patera in der Grube, wenn sie frisch aufgebrochen sind, ungemein auffallend.

Der ausgezeichnete Krystall von carmoisinrothem Topas, auf den sich obige Angaben beziehen, ist etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll lang und $\frac{1}{2}$ Zoll dick, und befindet sich in der schönen Sammlung des Hrn. Grafen Eugen v. Cernin.

Aufser den vorigen zeigt auch der Lazulith von Werfen zwei verschiedene blaue Farben, smalteblau und dunkelhimmelblau; doch gelang es mir nicht, sie nach den Formen zu orientiren.

Für jede einzelne Farbenrichtung läfst sich eine eigene Farbenreihe in jeder der ausgedehnteren Species herstellen, so beim Baryt, beim Topas.

Die Reihen selbst, die einzelnen Farbentinten, aus welchen sie bestehen, deuten auf wichtige Zustände in der Entstehungsart, in sofern sie auf reducirende oder oxydirende Einflüsse schliefsen lassen, eben durch die Farbe selbst, die von dem an und für sich farblosen Körper aufgenommen ist.

B. Augitische.

Die Austheilung der Farben findet, wie bei den orthotypen Krystallen, nach drei senkrecht auf einander stehenden Richtungen statt. Sie fallen zum Theil mit der augitischen Hauptaxe, der augitischen Queraxe und der Linie senkrecht auf beide zusammen, welche letztere die Normale heifsen mag; zum Theil ist nur das Zusammenfallen mit der Queraxe zu beobachten, während die anderen Axenrichtungen sich nicht so einfach auf die Krystallform beziehen lassen.

Folgende Mineralspecies zeigen zum Theil höchst merkwürdige, dahin gehörige Erscheinungen:

<table>
<tr><th rowspan="2"></th><th colspan="3">Flächenfarben</th><th colspan="3">Axenfarben</th></tr>
<tr><th>Basis
A</th><th>Querfläche
B</th><th>Längsfläche
C</th><th>Axe
a</th><th>Normalaxe
b</th><th>Queraxe
c</th></tr>
<tr><td>Kobaltsalz, Fig. 12 Taf. I</td><td>schmutzig ölgrün</td><td>violblau</td><td>violblau in's Nelkenbraune</td><td>violblau (tief)</td><td>ölgrün</td><td>nelkenbraun</td></tr>
<tr><td>Vivianit</td><td colspan="3">schwärzlich olivengrün und indigblau</td><td colspan="2">helles Olivengrün
schwach bräunlich | rein grünlich</td><td>schönes dunkles Berlinerblau</td></tr>
<tr><td>Kobaltblüthe</td><td>licht rosenroth</td><td>carmoisinroth</td><td>rosenroth</td><td>schönes carmoisinroth</td><td colspan="2">Rosenroth
schwach bläulich | schwach röthlich</td></tr>
<tr><td>Rothbleierz</td><td colspan="3">morgenroth</td><td>morgenroth dunkler</td><td colspan="2">orangegelb heller</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"></td><td colspan="3">wenig verschieden</td></tr>
<tr><td>Glimmer</td><td colspan="3">gelblichweiſs in's Hyacinthrothe
dunkel | hell | hell</td><td>gelblichweiſs</td><td colspan="2">hyacinthroth
heller | dunkler</td></tr>
<tr><td>Augit, Smaragdit vom Bacher</td><td colspan="3">grasgrün</td><td>grasgrün in's Lauchgrüne</td><td></td><td>rein grasgrün</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3"></td><td colspan="3">wenig verschieden</td></tr>
<tr><td>Amphibol, Strahlstein vom Greiner</td><td colspan="3">schwärzlich lauchgrün</td><td>bläulich</td><td colspan="2">gelblich
lichter | dunkler
wenig verschieden</td></tr>
</table>

	Flächenfarben			Axenfarben		
	Basis *A*	Querfläche *B*	Längsfläche *C*	Axe *a*	Normale *b*	Queraxe *c*
Epidot Pistazit Dauphiné	dunkel pistaziengrün	bräunlich olivengrün	leberbraun	hell leberbraun	dunkel grasgrün	sehr dunkel leberbraun
Piemont	blafs ölgrün in's Strohgelbe	ölgrün in blasses Hyacinthroth	ölgrün	ölgrün stark in's Hyacinthrothe	blafs pistaziengrün	ölgrün
dito	ölgrün			ölgrün in blasses Hyacinthroth	blafs olivengrün	blafs nelkenbraun
dito	ölgrün			olivengrün	ölgrün	violblau in's Nelkenbraune
Withamit	blafs strohgelb	carminroth				
Puschkinit	dunkel schwärzlichgrün	dunkelbraun	dunkel leberbraun erscheint schwarz	röthlichbraun die hellsten Tinten	schwärzlichgrasgrün	schwärzlichleberbraun
Euklas, Fig. 13 Taf. 1	licht berggrün			weifs	berggrün gelblich	bläulich
	tief berggrün			spargelgrün	grünlichweifs	licht spangrün
	licht berggrün			graulich berggrün	gelblich berggrün	bläulich berggrün
Sphen, Zillerthal, Fig. 14 Taf. I.	ölgrün	ölgrün in's Pistaziengrün	ölgrün	ölgrün	hyacinthroth	pistaziengrün
	blafs pistaziengrün			blafs pistaziengrün	ölgrün in's Hyacinthrothe	blafs grasgrün

Das in No. 1 erwähnte Kobaltsalz, ein schwefelsaures Kobalt und Kali, von der gewöhnlichen Form der zweibasigen schwefelsauren von Mitscherlich beschriebenen Salze [1]) fand ich vor vielen Jahren in Elbogen in dem gröfstentheils aus arseniksaurem Eisen bestehenden Niederschlage einer Kobaltsolution, bei welcher der Procefs der Kobaltgewinnung zu technischen Zwecken zufällig seit längerer Zeit unterbrochen worden war.

Das schöne Berlinerblau des Vivianits wird fast gänzlich absorbirt, nur in schiefen Richtungen zwischen der Querfläche und Längsfläche, und zwischen der Basis und Längsfläche tritt sie ein wenig hervor. Eine Kugel von Vivianit würde die Erscheinung der hellen Büschel mit den begleitenden dunkelblauen Räumen in der Richtung der optischen Axen mit gröfster Schönheit wahrnehmen lassen. Schade, dafs diese Species eine so geringe Härte besitzt.

Höchst ähnlich dem Vivianit in der Farbenvertheilung wie in den krystallographischen Eigenschaften überhaupt, ist die Kobaltblüthe. Die Angaben der Tabelle wurden aus der Beobachtung mehrer Krystalle combinirt, deren einen ich Hrn. Prof. Dr. Leydolt verdanke. Die Farbe der Basis *A*, und der aus der Beobachtung der dichromatischen Zerlegung auf der Querfläche und Längsfläche folgende Contrast der zwei Rosenroth auf derselben Fläche *A* wurden nicht direct beobachtet.

Bei diesen zwei Species ist die optische Mittellinie nicht der Kante der verticalen Prismen parallel, sondern sie nimmt, wie beim Gyps, eine geneigte Lage an, etwa so wie die Linie *QP* an der für den Andalusit gezeichneten Fig. 8 Taf. I, wenn man bei *Q* den scharfen Winkel eines schiefen rectangulären Prismas annimmt. Für diese Linien *QP* gelten die in der Tabelle gegebenen Farben der Axe *a*, für die auf derselben senk-

[1]) Die chemische Formel ist $\dot{K}\dddot{S} + \dot{Co}\dddot{S} + 6\dot{H}$. *P.*

recht stehende Linie, die Farben der Normale *b*. Die optische Queraxe ist zugleich auch die augitische Queraxe der Krystallform.

Die Farbenschattirungen an dem grofsblättrigen zweiaxigen Glimmer aus Brasilien und anderwärts scheinen nur durch heller und dunkler, nicht durch Farbenzerlegung bedingt zu seyn, indem sie vom farblosen, wasserklaren bis zum tief Hyacinthrothen und ganz Undurchsichtigen eine Reihe bilden.

Der Epidot ist durch die bedeutende Ausdehnung in seinen drei Farbenreihen sehr merkwürdig. Grasgrün ist jedoch die Gränze gegen das Blau des Spectrums, und in dieser Richtung geht die Normale, und durch sie die Beobachtung in der Richtung senkrecht auf die Basis am weitesten, während vorzüglich die Farbe der Axe zurückbleibt, und zugleich vorzugsweise absorbirt wird. Die übrigens bereits beschriebene Beobachtung im gewöhnlichen Lichte der die optischen Axen begleitenden hellen Büschel, senkrecht auf die gewöhnliche Verlängerung der Krystalle, zwischen den dunkelleberbraunen Räumen in der Richtung dieser Verlängerung, gelingt sehr leicht, und verdient aufgesucht zu werden. Die lichtesten und dunkelsten Abänderungen zeigen sie; an dem sogenannten Puschkinit sind sie sehr deutlich wahrzunehmen. Die optischen Axen liegen in der Längsfläche.

Es dürfte wohl auch in krystallographischer Beziehung vortheilhaft seyn, dem Euklas die in dem Aufrisse, Fig. 13 Taf. I gegebene Stellung beizulegen, wenn seine Krystalle auch in einer gegen die Axe schiefen Richtung verlängert sind. Biot fand die Lage der optischen Axen einer solchen Stellung entsprechend, und die Zertheilung der Farbentinten giebt einen gleichen Fingerzeig zu dieser Wahl. Ich bemerkte sie an einem Krystall in der Sammlung der Frau v. Henickstein; der tiefgefärbte Krystall No. 13 zeigt sie besonders schön; er war von Hrn. Virgil v. Helmreichen aus Brasilien an das k. k. Hof-Mineraliencabinet eingesandt worden.

Den schönen ölgrünen Sphen verdanke ich zur Untersuchung meinem verehrten Freunde Hrn. Prof. Reich in Freiberg, der selbst die verschiedenen Farben der zwei Bilder wahrgenommen hatte, und auf Veranlassung des Hrn. Dr. Hörnes mir ein geschliffenes Prisma übersandte. Es war aus einem Bruchstück der gewöhnlichen Zwillingskrystalle, parallel der *P*-Fläche zusammengesetzt, geschnitten, wie Fig. 15 Taf. I im Querschnitte darstellt, der der Längsfläche der Krystallreihe entspricht. Die Flächen *P*, *P'*, $\infty \bar{D}$ waren künstlich, *y* und *y* natürlich. Je nach der Neigung der dichroskopischen Loupe erschien ein Individuum des Zwillings hellgrün, das andere schwarz, nur bei sehr hellem Lichte dunkel hyacinthroth. Selbst im gewöhnlichen Lichte zeigt sich der schmälere Streifen *P*, die *P*-Fläche vertical, und die scharfe Kante gegen unten gehalten durch den Reflex der schiefen Fläche roth, während der dickere grün bleibt.

Die gewöhnlichen licht pistaziengrünen Varietäten zeigen, wie oben angegeben ist, weit weniger Contraste in den Farben-Erscheinungen, aber die optischen Verhältnisse der Species verdienen noch ein genaueres fortgesetztes Studium.

C. Anorthische.

Nur der Axinit ist von den hieher gehörigen Krystallen einigermaſsen genauer bekannt. Bei demselben sind nämlich:

Die Flächenfarben.	Die Axenfarben.
Basis: Perlgrau in's blaſs Nelkenbraune.	Axe: Dunkel violblau.
Querfläche: Blaſs olivengrün bis weingelb.	Normale: Zimmtbraun.
Längsfläche: Zimmtbraun.	Queraxe: Blaſs olivengrün bis weingelb.

Wie beim Andalusit ist auch beim Axinit die dunkelste Tinte im Vergleich mit den stärkeren, helleren Farben gänzlich absorbirt, so daſs sie im gewöhnlichen

Lichte nur in der Gestalt der dunkeln Räume zu sehen ist, welche die hellen Axen-Licht-Büschel begleiten.

Die flachen Kyanitkrystalle zeigen, perpendiculär gehalten und die breite Fläche als Längsfläche betrachtet, das obere Bild im Dichroskop licht smalteblau, das untere von dem schönsten Berlinerblau. Dreht man sie herum, so dafs die breite Theilungsfläche die Querfläche ist, so zertheilen sich die Farben nicht perpendiculär, sondern nach einer geneigten Linie, ähnlich der Lage im Vivianit und der Kobaltblüthe, in ein oberes helleres und ein unteres dunkleres Smalteblau, letzteres heller als das Berlinerblau. Diese Species verspricht für eine genaue Untersuchung interessante Resultate.

Die dünnen, fast undurchsichtigen Splitter von Babingtonit, zu dem auch der Hedenbergit gehört, sind senkrecht auf die deutliche Theilungsfläche schwärzlichgrün, in der Richtung derselben dunkel röthlichbraun; noch nicht weiter untersucht.

VI. Schlufs.

Die Austheilung der Farbenverschiedenheiten hängt bei den optisch zweiaxigen Krystallen eben so genau mit ihrer Structur zusammen, wie bei den optisch einaxigen. Sie fällt mit der Richtung der sogenannten Elasticitätsaxen zusammen, welche senkrecht auf einander stehen. Bei den *orthotypen* Formen stimmen diese mit den krystallographischen Axen überein. Bei einigen *augitischen* mit der Hauptaxe, mit der Queraxe, und der auf diese beiden senkrecht stehenden oder Normallinie. Bei den *anorthischen* Formen fällt eine derselben mit der Hauptaxe zusammen, die zweite scheint senkrecht auf der Längsfläche zu stehen, die dritte senkrecht auf den beiden vorhergehenden. So wie dort eine Axe sich unterschied von allen Linien, die senkrecht auf dieselbe gezogen werden können, so finden hier bei einem ganzen Umkreise zwei Maxima und zwei Minima statt.

Ein optisch einaxiger Krystall, vertical vor die Lichtöffnung des Dichroskops gestellt, zeigt ein oberes ordinäres Bild *O* und ein unteres extraordinäres Bild *E*, wie man ihn auch immer um seine Axe herumdrehen mag, jedes von gleicher, wenn auch unter einander verschiedener Farbe. Natürlich kann in besonderen, und zwar sehr häufigen Fällen auch die gleiche Farbe vorkommen.

Untersucht man einen zweiaxigen Krystall auf dieselbe Art, indem man nach einander eine jede der drei Elasticitätsaxen vertical macht, so ist zwar das extraordinäre Bild während der Umdrehung in seiner Farbe constant, aber das ordinäre wechselt zwischen zwei senkrecht auf einander stehenden abweichenden Farbenrichtungen. Schon die Farbenerscheinung beweist also, dafs es dann, wie Fresnel für die Theorie der doppelten Brechung fand [1]), bei den zweiaxigen Krystallen keinen ordinären Strahl giebt. Dreht man dagegen den Krystall bei gleichbleibender Stellung des Dichroskops um eine der Quere nach gestellte horizontale Axe, so bleibt allerdings das obere ordinäre Bild unverändert in seiner Farbe, während der extraordiräre Strahl durch die zwei verschiedenfarbigen unteren Bilder angedeutet, ein Maximum und ein Minimum hat. Auch hier sind oft zwei, oft alle drei Farben einander gleich.

Bei der Hervorbringung der Absorptionserscheinungen bemerkt man gleichzeitig oder einzeln zwei verschiedene Arten von Wirkung der Krystalle auf das Licht.

In den einfachsten Fällen ist nur ein Mehr und Minder an Licht bei gleichbleibender Farbe. Der zweiaxige Glimmer, dem man wohl den specifischen Namen Glimmer bewahren sollte, zeigt, wie vorher bemerkt wurde, nur hellere und dunklere Schattirungen einer und derselben Farbe vom hellsten Weifs bis zum dunkelsten Hyacinthroth, welches in Schwarz — undurchsichtig — endigt.

1) Diese Annalen, Bd. 23 S. 549.

Ein schönes Beispiel von dieser reinen Lichtabsorption giebt der durchsichtige klare isländische Doppelspath. Schon senkrecht gegen die Fläche eines etwas dickeren Rhomboëders gesehen, erscheint von den zwei, durch die doppelte Strahlenbrechung hervorgebrachten Bildern eines schwarzen Quadrates auf Weifs das obere ordinäre etwas weniger schwächer. Das obere ist in der Richtung des Hauptschnitts, das untere senkrecht darauf polarisirt. Hebt man nun die zugewendete Seitenecke auf, so dafs die Axe ziemlich in die Ebene des Papiers zu liegen kommt, so ist der Unterschied sehr auffallend. Das obere Quadrat ist nur mehr hellgrau, das untere um so näher schwarz.

Hat man vor dem Aufheben einer zugewendeten Seitenecke das Rhomboëder um 90° in der Ebene des Papiers herumbewegt, so dafs man es nun beim Aufheben um eine kurze Diagonale dreht, so wird ebenso das ordinäre Bild immer stärker, das extraordinäre schwächer.

Die Ursache dieser beiden entgegengesetzten Absorptionserscheinungen ist, dafs die Wirkung des Krystalls analog der Erscheinung bei einer Glasplatte sich mit der der doppelt polarisirten Bilder combinirt, und demjenigen an Kraft zulegt, mit dem sie gleiche Polarisationsebene hat.

Diese Art Absorption geht gleichmäfsig durch das ganze Spectrum hindurch. Wenn sich aber die Farben theilen, wie bei manchem Apatit, grün und blau; Glimmer grün und roth; Sapphir blau und grün; Beryll weifs und blau; Cordierit dunkelblau, lichtblau und gelblichweifs; Baryt violblau, perlgrau und weingelb; Andalusit ölgrün, olivengrün und hyacinthroth; Sphen ölgrün, pistaziengrün und hyacinthroth; Axinit violblau, zimmtbraun und weingelb, und andere: so ist die Erscheinung von der vorigen gewifs verschieden, es wird nur ein Theil des Spectrums absorbirt, während der andere ungehindert durch den Krystall hindurchgeht.

Die zwei bei einaxigen Krystallen erscheinenden Farben sind nicht complementäre Tinten, sie sind auf mancherlei Arten gemischt. Da die Lichtabsorption der blauen und violetten Theile an und für sich stärker ist als die von Orange, Gelb, Hellgrün, so wirkt auch dieses Verhältnifs mit zur Erscheinung des Ganzen.

Babinet[1]) hat die Bemerkung gemacht, dafs die negativen farbigen Krystalle die ordinären Strahlen vorzugsweise absorbiren, während in positiven Krystallen die extraordinären stärker absorbirt werden. Dieses gilt wohl sehr gut für einige von beiden Klassen, aber nicht für alle. Es ist richtig bei den negativen für den Turmalin, dessen Basis stets dunkler ist als die Axe, für den Sapphir, für den Kalkspath, für vesuvischen Glimmer und Chlorit, bei den positiven für den Rauchtopas.

Beim Apatit, beim Smaragd und Beryll kommen beide Verhältnisse vor, je nach der Färbung. Bei dem ersteren kommt eine ziemlich ausgedehnte Farbenreihe vor, bei den letzteren doch immer eine Neigung von der Axe gegen die Basis aus dem Blauen in das Grüne und Gelbe. Gelbe Berylle absorbiren den ordinären Strahl stärker als den extraordinären, blaue Berylle umgekehrt; bei diesen ist oft das ordinäre Bild farblos, das extraordinäre tief himmelblau. Der, wenn auch nur schwache, perpendiculäre gelbe Lichtbüschel zeigt deutlich die Richtung der übrigbleibenden Polarisation des ordinären Strahles.

Das Gesetz des gleichen Fortschreitens vom rothen Ende des Spectrums gegen das Violette, von der Axe gegen die Basis für negative Krystalle, und umgekehrt für positive Krystalle, scheint sich hin und wieder anzukündigen, vermischt mit Lichtabsorptions-Verhältnissen überhaupt, die damit gleichzeitig stattfinden, und vielleicht mit der Babinet'schen Bemerkung übereinstim-

1) Diese Annalen, Bd. 46 S. 478.

men, wozu aber noch ausgedehntere Reihen von Beobachtungen gehören.

Doch ist die Farben-Nomenclatur, so wie wir sie jetzt haben, auch nicht überall hinlänglich den Bedürfnissen angepafst, und ein scheinbarer Widerspruch oft nur in einer ungleichförmigen Benennung und Deutung der Beobachtung begründet.

Ungemein merkwürdig ist ferner die Aehnlichkeit der Farbenverhältnisse mancher Species, z. B. von dem Baryt von Beira und Axinit, von Andalusit und Sphen, von Apatit und Beryll, manchen Varietäten von Chlorit, Glimmer, Turmalin, Epidot und Babingtonit u. s. w.

Noch manche andere wichtige und wunderbare, zum Theil bereits bekannte Erscheinungen schliefsen sich hier an, wie die in der Richtung der Axen wahrnehmbaren hellen Büschel mit den begleitenden dunkeln Räumen, die leuchtenden farbigen Keile zunächst den Axenpunkten, die von der ungleichen Neigung der optischen Axen für verschiedene Farben des Spectrums abhängen, die bei den anorthischen, auch bei einigen augitischen nicht einmal in eine Ebene fallen; doch liegt ihre Untersuchung dem Zwecke der gegenwärtigen Zusammenstellung zu entfernt.

II. *Practische Bemerkungen zur Daguerreotypie; von E. Knorr.*

Im vergangenen Frühjahr beabsichtigte ich einige wissenschaftliche Versuche mit Hülfe des Daguerreotyps anzustellen, es zeigte sich aber, dafs meine sämmtlichen Apparate zu den von mir beabsichtigten Versuchen nicht ganz geeignet waren, sondern mehrfacher kleiner Veränderungen bedurften, auch fand ich es nöthig mich vor-

her im Gebrauch der beschleunigenden Substanzen hinreichend zu üben, mit denen ich nur einige wenige vorläufige Versuche angestellt hatte. Mit letzterer Arbeit ist jedoch die Zeit vorübergegangen, welche ich diesem Gegenstande widmen konnte, und ich bin daher zu nichts anderem als einigen practischen Bemerkungen gelangt, die ich mir erlaube hier mitzutheilen, obgleich sie zum Theil auch solchen Personen, welche sich mehrfach mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, nicht fremd seyn mögen, jedoch, wie es scheint, nicht allgemein bekannt geworden sind.

Was meine jetzigen Apparate anbetrifft, so sind dieselben von einer gewöhnlichen Viertelplatte an bis zu jeder beliebigen Kleinheit der Platte brauchbar, und haben vor anderen mir bekannten, namentlich den gewöhnlichen französischen und den Voigtländer'schen, folgende Vorzüge:

1) Die Camera obscura kann mit Leichtigkeit in jede beliebige Lage gebracht, in derselben festgestellt und auf den Gegenstand eingestellt werden.

2) Das Einsetzen der Platten in den Rahmen und in die Camera obscura ist leichter und schneller als bei anderen mir bekannten Constructionen.

3) Die Operationen des Jodirens und Bromirens können aufserhalb des Zimmers im Freien vorgenommen werden, ohne dafs man weder hierbei, noch bei dem Einsetzen und Herausnehmen der Platten aus der Camera einen Nachtheil durch secundären Einflufs des Lichts zu fürchten hätte. Diefs zeigte sich besonders bei dem Gebrauch beschleunigender Substanzen wichtig.

4) Während sich die Platte in der Camera obscura unter der Wirkung des Lichts befindet, kann zu jeder beliebigen Zeit ein vom Rande der Platte beginnender horizontaler oder verticaler Abschnitt derselben masquirt werden, was besonders bei Landschaften wichtig ist, wenn der Himmel sich sehr erleuchtet zeigt.

Als Objectiv habe ich mich vorzugsweise eines achromatischen Doppelobjectivs nach Petzwal's Construction von Soleil in Paris bedient; dasselbe ist ausgezeichnet schön, jedoch schien mir, als wenn ein dergleichen Objectiv von Voigtländer et Sohn in Wien das meinige an Lichtstärke und Reinheit der Bilder noch etwas überträfe, ich habe aber nicht Gelegenheit gehabt beide Objective direct zu vergleichen.

Bei Abbildung von Gegenständen, die sich auf einen gleichmäfsig beleuchteten Hintergrund projiciren, kann man die Schnelligkeit der Wirkung dadurch bedeutend erhöhen, dafs man sich einer Camera obscura bedient, deren Kasten hinreichend klein ist im Verhältnifs zum Felde des Objectivs, um diejenigen Strahlen, welche nicht zur Erzeugung des Bildes benutzt werden sollen, als fortwirkende in Anwendung zu bringen. Ich habe dieses Mittel nur mit einer Camera obscura versucht, deren Kasten viereckig war, besser ist wohl unstreitig die cylindrische Form. Man kann hierdurch zugleich theilweise einen Fehler corrigiren, der sich wenigstens bei meinem Objective oft sehr stark bemerkbar machte, nämlich, dafs die mittleren Theile des Bildes bei etwas scharfer Beleuchtung sich in derselben Zeit weit stärker entwickelten, als die mehr nach dem Rande der Platte hin gelegenen. Ich fand hier ein gelbes, nicht geglättetes Papier, welches die Eigenschaft hatte, dafs es im schärfsten directen Sonnenlicht auf einer jodirten und bromirten Platte, auf welche noch keine Lichtwirkung stattgefunden hatte, keine Spur einer Wirkung zeigte, in einer Zeit, welche 60 Mal gröfser war, als diejenige, in welcher weifses Postpapier sich vollkommen abgebildet hatte; mit diesem Papiere legte ich das Innere der erwähnten kleinen Camera obscura aus, um die angegebene Wirkung zu erhalten. Eine solche Camera obscura ist aber ohne innere Diaphragmen nicht brauchbar für sehr ungleich beleuchtete Gegenstände, wie z. B. für Landschaften, die stark von der

Son-

Sonne beschienen sind. Für letzten Fall habe ich ein Paar glückliche Versuche auf folgende Weise gemacht. Nachdem die bromirte Platte eine kurze Zeit der Wirkung des Lichts in der Camera obscura ausgesetzt worden war, jedoch nicht hinreichend lange, um ein vollendetes Bild zu erhalten, drehte ich die Camera obscura gegen einen Schirm von demselben gelben Papier, und liefs nun die Platte noch einige Zeit unter der Wirkung der reflectirten gelben Strahlen. Diese Versuche wurden zunächst nur beiläufig gemacht, um später darauf zurückzukommen, was mir aber nicht möglich war; ich kann daher nicht behaupten, dafs diese Methode practisch wirklich brauchbar sey; man sieht aber, dafs sie im Wesentlichen auf demselben Princip beruht, als der Gebrauch der farbigen Gläser.

1) Schleifen neuer Platten.

Nach diesen vorläufigen Bemerkungen gehe ich zu den Operationen selbst über, deren unangenehmste unstreitig das Schleifen der Platten ist. Bedient man sich nur des Jods, ohne Anwendung beschleunigender Substanzen, so braucht das Schleifen der Platten nicht so sorgfältig zu seyn, als im letzten Fall; nach vielfachen Hin- und Herprobiren bin ich aber für den letzten Fall bei einer Methode stehen geblieben, wobei ich folgende Mittel gebrauche:

1) Ein aus Olivenöl genommenes gesäuertes Fett.
2) Spiritus von beiläufig 67 Proc. Alkoholgehalt (dem Gewicht nach).
3) Feine Baumwolle.
4) Gereinigter Baumwollensammt No. 1.
5) Desgleichen, oder besser Seidensammt No. 2.
6) Venetianischen Tripel, — englisch Roth oder gebrannte Knochen.

No. 1 wird auf folgende Weise bereitet: zu 5 Theilen Olivenöl, dem Volum nach, giefse man einen

Theil Salpetersäure, wie solche gewöhnlich den Apparaten beigegeben wird, und lasse beides unter öfterem Umschütteln 24 Stunden zusammen stehen. Hierauf gieſse man noch einen Theil weiſser gewöhnlicher Schwefelsäure hinzu, und lasse alles zusammen einige Tage im Lichte stehen, indem man es öfter umschüttelt; das Oel nimmt dann allmälig eine schwache Saffranfarbe an, und kann dann schon zum Schleifen der Platten benutzt werden. Besser ist es aber, das Oel zum Erstarren zu bringen, welches nach einigen Tagen bei einer Temperatur unter 16° R. leicht geschieht, man macht dann mit einem Glasstabe ein Loch in die erstarrte Masse und läſst durch dasselbe alle Säure sorgfältig ablaufen. Dieſs so gewonnene Fett bleibt auch noch bei einer etwas höheren Temperatur als 16° R. fest, und ist etwas hart, aber dennoch sehr gut zum Schleifen der Platten; man gebraucht es dazu mit Tripel und Baumwolle.

Ist das Olivenöl mit anderen fetten Oelen verunreinigt, z. B. mit Mohnöl, so dauert die Reinigung desselben länger, das Oel färbt sich im Sonnenlicht allmälig viel dunkler, und zum Erstarren ist eine weit niedrigere Temperatur nöthig. Das gesäuerte Fett, was aus solchem Oel gewonnen wird, bleibt weicher als das aus reinem Olivenöl, und ist zum Schleifen der Platten daher etwas bequemer; ich ziehe aber letzteres dennoch vor, weil sich die Platten durch Spiritus und Tripel leichter und sicherer von diesem Fett reinigen lassen. Man braucht von diesem Fett nur sehr wenig, deshalb habe ich es immer nur in kleinen Quantitäten, von ungefähr $\frac{1}{2}$ Unze, bereitet.

Mit diesem Fett, Baumwolle und trocknen Tripel schleift man nun die Platten in die Runde, nimmt dann das Fett so viel als möglich mit Tripel und Baumwolle weg, und schleift hierauf mit Baumwolle, Tripel und Spiritus, hauptsächlich um die letzte dünne Schicht Fettigkeit wegzunehmen. Dann schleift man mit Baumwolle,

Roth oder Knochen und Spiritus, oder statt dessen sogleich mit Sammt No. 1, Roth oder Knochen und Spiritus, in die Runde, um der Platte einen feineren Strich zu geben. Endlich mit Roth oder Knochen, Spiritus und Sammt No. 2, um zu poliren, zuletzt mit trocknem Sammt No. 2, oder Roth, um die Politur zu vollenden, den Strich in bestimmter Richtung zu geben und alles noch anhaftende trockne Putzmittel zu entfernen; bei den beiden letzten Operationen kann man etwas stark aufdrücken, auch mufs man zum letzten trocknen Putzen stets ein neues Stück Sammt anwenden.

Der Sammt No. 1 wird auf folgende Weise vorbereitet: man nehme guten Baumwollensammt, am besten von weifser, oder doch einer solchen Farbe, welche von Ammoniak zerstört wird, thue denselben in einen neuen reinen irdenen Topf, giefse reines Regenwasser darauf und setze eine kleine Quantität *liq. ammon. caustic.* dazu, wenigstens so viel als nöthig ist, um dem Wasser einen schwachen Ammoniakgeruch zu ertheilen, lasse den Sammt wenigstens eine Stunde gut durchweichen, koche ihn hierauf in demselben Wasser ebenfalls wenigstens eine Stunde, giefse dann das Wasser ab, und drücke den Sammt mit Hülfe einer reinen hölzernen Kelle aus, indem man ihn wiederholt mit reinem Wasser übergiefst; zuletzt koche man ihn nochmals in reinem Regenwasser, spüle ihn aus, und lasse ihn dann im Schatten trocknen. Ueberhaupt hüte man sich sorgfältig, den Sammt an solchen Stellen mit den Händen anzugreifen, welche zum Schleifen der Platten gebraucht werden sollen.

Baumwollensammt No. 2 unterscheidet sich von No. 1 dadurch, dafs derselbe noch in Spiritus gereinigt wird, nachdem er schon der vorhergehenden Procedur unterworfen worden war. Man läfst den Sammt einige Stunden in einem reinen Porcellangefäfs in Spiritus weichen, spült ihn dann nochmals in reinem Spiritus und zuletzt in destillirtem Wasser aus, und läfst ihn wieder im Schat-

ten trocknen; den Spiritus mufs man wenigstens von derselben Stärke anwenden, wie man ihn zum Schleifen der Platten gebraucht. Der Sammt No. 2 ist entbehrlich, wenn No. 1 gehörig rein ausfiel, man kann aber dessen nie so ganz sicher seyn; es wäre besser immer nur No. 2 anzuwenden, der Spiritus ist aber hier ziemlich theuer, deshalb benutzte ich letzteren Sammt nur, wo er unumgänglich nöthig erschien.

Seidensammt No. 2 ist eben so gereinigt, wie Baumwollensammt; er ist entbehrlich, wenn man nicht die Mittel benutzt, um die Dicke der empfindlichen Schicht zu erhöhen, von denen in der Folge die Rede seyn wird.

Es ist gut Tripel, Roth oder Knochen von Zeit zu Zeit auszutrocknen, wozu ich mich immer eines flachen kupfernen Gefäfses und einer Berzelius'schen Lampe bediente, es ist aber dabei keineswegs nöthig die Erhitzung sehr weit zu treiben, z. B. bis zum Glühen des Tripels. Nach dem Erkalten zerreibt man diese Substanzen wieder in einem Mörser von Gufseisen. Es ist keineswegs ganz gleichgültig, ob man sich zum letzten Schleifen und Poliren des Roths oder der Knochen bedient, denn diese Substanzen haben Einflufs auf den Ton des Bildes. Unter sonst möglichst gleichen Umständen haben die Bilder auf Platten, die mit Knochen geschliffen wurden, einen mehr weifslichen Ton, als auf solchen, die mit Roth behandelt wurden; ich ziehe das Roth vor, obgleich es mir mehrfach geschienen hat, als wenn die mit Knochen behandelten Platten etwas empfindlicher wären.

Hat man schon einige Uebung im Schleifen und Poliren der Platten, so geht diese Operation nach der hier angegebenen Weise ziemlich leicht und schnell vor sich, ich mufs aber doch bemerken, dafs man ohne Lehrer sich hierin nur mit Mühe die gehörige Sicherheit erwirbt. Wenn man aber schon noch so geübt ist und mit aller Sorgfalt zu Werke geht, so mifslingen dennoch zuwei-

len die Versuche ununterbrochen gänzlich. Dafs diefs in einer krankhaften Ausdünstung der Hand liegen kann, wodurch bei dem letzten Poliren der Platte ein secundärer nachtheiliger Einflufs auf dieselbe ausgeübt wird, davon habe ich folgendes Beispiel. Nach einem heftigen Colikanfall, den ich mir, wie es schien, durch unvorsichtiges Einschlucken von Bromdämpfen zugezogen hatte, konnte ich mehrere Tage lang durchaus kein gutes Bild erhalten. Es arbeiteten zu dieser Zeit zwei Personen mit mir, welche selbst eingestanden, dafs sie weniger sorgfältig als ich mit der Bereitung der Platten zu Werke gingen. Es wurden stets drei Versuche unmittelbar hinter einander gemacht, so dafs alles möglichst gleich war, und nur der Unterschied stattfand, dafs die Platten von verschiedenen Personen geschliffen und polirt worden waren; auf allen von mir polirten Platten waren die Bilder stets unrein und verschleiert, während auf den Platten meiner Mitarbeiter, fast ohne Ausnahme, stets gute Bilder erhalten wurden. Ich war zuletzt gezwungen alle meine Platten einem meiner Gehülfen zur Vollendung zu übergeben, und erst nach acht Tagen war diefs nicht mehr nöthig. Ob die Platte gehörig gereinigt ist, prüft man leicht durch den Hauch; es ist aber immer gut nach dem Verschwinden des Hauches die Platte leicht mit trocknen Sammt No. 2 zu übergehen. Den Sammt schlägt man entweder um einen Baumwollenballen, oder man verfertigt sich Cylinder von Filz oder Tuch, um deren untere Fläche man einige Stücke Sammt bindet, um dieselbe weicher zu machen; das zum Poliren bestimmte Stückchen Sammt legt man dann mit der weichen Seite lose auf die Platte und setzt den Cylinder mit der weichen Fläche auf dasselbe.

2) Absieden der Platten.

Daguerre hat bekanntlich vorgeschlagen, die Platten nach Vollendung der Politur noch mit destillirtem

Wasser abzusieden; was man auch dagegen gesagt haben mag, dieser Vorschlag ist wohl begründet. Nur auf solchen Platten ist es mir gelungen zu dem Maximum der Empfindlichkeit zu kommen, und z. B. das Bild eines Menschen im Gange zu erhalten, wie er eben den Fuſs zum Schritte hat. Das von Daguerre angegebene Verfahren ist aber practisch nicht brauchbar, denn es gelingt zu selten auf diese Weise, selbst mit Anwendung des reinsten Wassers, eine reine Platte zu erhalten; man braucht eine solche Platte nach dem Erkalten nur zu behauchen, um zu sehen, daſs eine Menge Flecken zurückgeblieben sind, welche dann der Reinheit des Bildes nachtheilig werden. Durch folgendes practisch leicht ausführbares Verfahren gelangt man ohne Nachtheil zu demselben Ziel. Man nehme ein Gefäſs von Messing oder Kupferblech mit ebenem Boden, welches nur etwas weniges breiter als die abzusiedende Platte zu seyn braucht, jedoch wenigstens ½ Zoll länger als dieselbe, und ½ Zoll hoch seyn muſs; dasselbe muſs an der einen langen Seite mit einem hölzernen Griff versehen seyn, oder doch wenigstens einen Henkel haben, so daſs man es mit einer Zange fassen und in horizontaler Richtung hin- und herbewegen kann. In dieses Gefäſs legt man die zuvor gehörig geschliffene und polirte Platte, gieſst reines destillirtes Wasser darüber, ungefähr bis zu ⅔ der Höhe des Gefäſses, und bringt nun das Wasser über einer Berzelius'schen Lampe zum Sieden, indem man das Gefäſs langsam über der Lampe hin- und herbewegt. Selbst wenn man frisch ausgekochtes Wasser anwendet, wird man doch sehen, daſs sich eine Menge Luftblasen von der Oberfläche der Platten entwickeln, welche man durch Hin- und Herschütteln der Platte im Gefäſs von derselben trennen muſs; hat die Entwicklung der Luftblasen aufgehört, so läſst man das Wasser noch einige Secunden fortsieden, gieſst dann dasselbe ab, nimmt die Platte mit dem Gefäſse und läſst sie er-

kalten. Zuweilen, jedoch selten, ist das Entwickeln der Luftblasen so stark, dafs es nöthig ist, noch Wasser zuzugiefsen, um das Sieden länger fortzusetzen. Behaucht man eine solche Platte nach dem Erkalten, so wird man in der Regel finden, dafs sie ganz voller Flecken ist, man mufs sie daher jetzt noch mit Roth, Spiritus und Sammt No. 2 leicht übergehen, um die Flecken wegzunehmen, und dann noch mit Sammt No. 2, um alles Roth zu entfernen. Die letzten beiden Operationen müssen mit sehr leichter Hand gemacht werden, denn die Politur der Platte mufs schon vor dem Sieden vollendet seyn, auch darf man die ganze Operation nur kurz vor dem Jodiren der Platten vornehmen.

Der Sammt hat das Unangenehme, dafs er zuweilen Fasern auf der Platte zurückläfst; diese lassen sich aber leicht durch lockere Baumwolle entfernen.

Die zuletzt angegebene Methode des Siedens der Platten, verbunden mit den gehörigen Vorsichten beim Bromiren, ist die einzige, welche ich bis jetzt zu wissenschaftlichen Versuchen brauchbar halte, wenn man Daguerre's Verfahren anwenden will; denn nur mit Hülfe derselben habe ich Resultate erhalten, welche als hinreichend constant betrachtet werden können. Für gewöhnliche Versuche aber, wenn man nur die Absicht hat schöne Bilder zu erhalten, möchte ich dieses Verfahren nicht empfehlen, obgleich es mehr Sicherheit gewährt, als die übrigen, denn die Bilder werden zwar äufserst fein und zart, erhalten aber so wenig Rundung, dafs sie nicht wohl befriedigen können.

3) Schleifen gebrauchter Platten.

Platten, die zwar den Quecksilberdämpfen ausgesetzt, aber nicht vergoldet wurden, braucht man zwar nicht auf's Neue mir gesäuertem Fett zu schleifen, sondern man kann sogleich mit Spiritus beginnen; man thut aber immer besser, sie wie neue Platten zu behandeln, weil

man sonst leichter Gefahr läuft, nicht alles Quecksilber zu entfernen, was der Reinheit des neuen Bildes leicht Eintracht thut. Es zeigte sich immer besser, wenn solche Platten durch unterschwefligsaures Natron von der empfindlichen Schicht befreit worden waren, obgleich diefs nicht unumgänglich nöthig ist. Statt des Tripels kann man zum gesäuerten Fett feines Roth nehmen, um die Platten nicht unnöthigerweise zu stark anzugreifen.

Vergoldete Platten schleife man zunächst mit verdünntem Königswasser aus einem Theil Salpetersäure, einem Theil Salzsäure und 40 bis 50 Theile destillirtem Wasser, und mit Tripel und Baumwolle, um die Goldschicht wegzunehmen und das Bild zu vernichten; hierauf behandele man sie wie neue Platten. Das gesäuerte Fett kann entbehrt werden, doch thut man auch hier besser es anzuwenden.

4) Jodiren.

Was das Jodiren der Platten betrifft, so bin ich zuletzt wieder zu dem Apparat von Seguier zurückgekehrt, den ich bis jetzt noch für den besten und bequemsten gefunden habe; derselbe besteht bekanntlich aus einem hölzernen Kasten, auf dessen Boden das trockne Jod gestreut wird, über dieses kommt ein Kissen aus Baumwolle und dann eine Pappscheibe in einem Rahmen, und die Joddämpfe werden von der Pappe auf die Platte übergetragen. Hier scheint sich nun allerdings das Jod zuweilen auf der Pappe zu zersetzen, besonders wenn nicht mehr hinreichendes Jod im Kasten ist; man kann aber diesen Uebelstand leicht dadurch vermeiden, dafs man öfter frisches Jod nachstreut, und von Zeit zu Zeit, z. B. alle acht Tage, einige Tropfen einer concentrirten Auflösung von Jod in Schwefeläther auf den Boden des Kastens giefst, ihn einige Minuten verschliefst und dann denselben eine halbe Stunde lang öffnet. Mit welchen besonderen Umständen aber zuweilen der Pho-

tograph zu kämpfen hat, davon gewährte auch dieser Apparat ein besonderes Beispiel. Im physikalischen Kabinet der Universität hat sich nämlich eine kleine Art von Ameisen eingenistet, welche vor 10 bis 12 Jahren mit Zucker hier eingeführt worden seyn soll, und sich schnell über einen grofsen Theil der Stadt verbreitet hat, vor 8 Jahren waren diese lästigen Gäste mir noch ganz unbekannt. Diese Thiere scheinen fortwährend ihre Spione nach allen Richtungen hin auszusenden, denn sie finden in wenig Minuten alles auf, was ihnen zur Nahrung dienen kann, und da sie durch die feinsten Ritzen dringen, so sind nur solche Dinge vor ihnen sicher, die in luftdicht verschlossenen Gefäfsen aufbewahrt werden; Bromwasser und Jod lieben sie sehr, aber nur letzteres ist für sie tödtlich, Schwefeläther meiden sie. Es zeigte sich nun mehrere Tage hindurch, dafs alle Lichtbilder, die ich erhielt, mit einem leichten eigenthümlichen, glänzenden Schleier überzogen waren, der durchaus keinem Verfahren weichen wollte, und es ergab sich endlich, dafs die Ursache dieser Erscheinung nur im Jodirapparat liegen könne. Als ich diesen Apparat näher untersuchte und das Baumwollenkissen herausnahm, fanden sich auf dem Boden des Kastens eine Menge Ueberreste von Ameisen, jedoch nur Köpfe und die äufsersten Enden der Füfse, alle übrigen Theile waren zerstört. Ich lüftete den Jodkasten einige Stunden und gebrauchte nun zum ersten Mal das Schwefelätherjod; seit dieser Zeit haben die Ameisen den Jodkasten verschont, und derselbe hat immer gut gewirkt.

Bei dem Jodiren nehmen bekanntlich die Platten allmälig eine goldgelbe Farbe an, dann folgt Orange, dann Roth u. s. w. Für die Platten, welche nach den vorhergehenden Angaben behandelt worden waren, ist die starke Orangenfarbe die beste, wenn sie nachher bromirt werden sollen; es giebt aber Platten, auf welchen man den angegebenen Farbenwechsel nicht erhalten kann,

sondern die im Anfang grau und dann schnell grauroth werden; auf solchen Platten wird man selten brauchbare Bilder erhalten. Worin diese Anomalie ihren Grund hat, habe ich nicht entdecken können, im Jodirapparat liegt er nicht; manche solcher Platten lassen sich durch starkes Abschleifen verbessern, bei anderen gelingt diefs aber durchaus nicht, und es bleibt dann nichts übrig, als sie wegzuwerfen.

5) **Beschleunigende Substanzen.**

Um so leichter und sicherer mir die Versuche mit dem Daguerreotyp gelungen sind ohne Anwendung der beschleunigenden Substanzen, um so gröfser waren die Schwierigkeiten, welche ich bei dem Gebrauch der letzteren gefunden habe; was mich aber im Anfang am mehrsten frappirte, war, dafs die ersten Versuche recht gut gelangen und sich die Schwierigkeiten derselben erst allmälig herausstellten. Ich begann mit dem Brom, wendete mich dann zum Chlor, und kehrte wieder zum Brom zurück; da letzteres entschiedene Vorzüge hat, so übergehe ich hier das Chlor ganz. Die chlorichte Säure, welche vor einiger Zeit vorgeschlagen worden ist, habe ich ebenfalls versucht; dieselbe ist allerdings als beschleunigende Substanz brauchbar, die an ihr gerühmten Vorzüge habe ich aber nicht entdecken können, und da man es bei dem Gebrauch derselben noch aufserdem mit leicht oxydirenden Substanzen zu thun hat, so kann ich dieses Mittel keinesweges empfehlen. Bei der Anwendung des Broms ist die sicherste Methode unstreitig diejenige, welche von Fizeau angegeben ist; die schönsten Resultate gewährt sie aber nicht, auch erfordert sie mehrfache Vorsichten, wenn ihre Anwendung hinreichend sicher seyn soll; zu vollkommener Sicherheit bin ich jedoch, ungeachtet aller Vorsicht, durch dieselbe nicht gelangt, was aber seinen Grund eigentlich nicht in der Methode selbst hat.

Diefs Verfahren besteht bekanntlich darin, dafs man sich zunächst eine gesättigte Auflösung von Brom in destillirtem Wasser bereitet, sich dann mit Hülfe derselben eine verdünnte Auflösung nach bestimmtem Maafse verfertigt, und die jodirte Platte den Dünsten einer gewissen Quantität dieser Lösung während einer Zeit aussetzt, welche für jeden Apparat durch Versuche gefunden werden mufs. Ein Theil gesättigtes Bromwasser auf 40 bis 60 Theile destillirten Wassers habe ich für das beste Verhältnifs gefunden; es hängt diefs Verhältnifs aber von den Apparaten ab, denn man mufs es so wählen, dafs man im Mittel bei einer gewissen Temperatur des Bromirapparats und Wassers, die man constant zu erhalten sucht, die polirten Platten 1 Minute den Bromdämpfen aussetzen mufs, um das Maximum der Empfindlichkeit zu erhalten [1]). Diefs gilt für Platten, welche noch nicht vergoldet waren, bei einer kleineren Zeit hat ein Fehler in der Zeit einen zu bedeutenden Einflufs auf die Empfindlichkeit der Platten, und bei einer bedeutend gröfseren setzt man sich zu leicht einem nachtheiligen Einflufs der Wasserdämpfe aus. Der beste Bromirapparat ist ein viereckiges Porcellangefäfs mit flachem Boden, welches für Viertelplatten wenigstens $2\frac{1}{2}$ Zoll hoch und so breit seyn mufs, dafs die Platten auf allen Seiten wenigstens einen Zoll von den Wänden des Gefäfses abstehen. In die Mitte dieses Gefäfses stellt man eine flache runde Schale, wenigstens von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und mit recht ebenem Boden, in diese wird das verdünnte Bromwasser gegossen; 1 Loth Bromwasser ist hinreichend für eine Viertelplatte. Das gröfsere Porcellangefäfs stelle man in ein Becken; in welchem sich Wasser befindet, was man beiläufig immer auf einer gleichen

1) Um die ersten Versuche zu erleichtern, bemerke ich, dafs die Zeitdauer der Bromirung beiläufig im umgekehrt quadratischen Verhältnisse der Stärke der Bromlösung steht, so dafs bei einer doppelt so starken Lösung man nur $\frac{1}{4}$ der früheren Zeit braucht.

Temperatur zu erhalten sucht; hat man einen Brunnen in der Nähe, aus welchem man immer Wasser von constanter Temperatur haben kann, so ist diefs nicht schwer, wo man diese Bequemlichkeit aber nicht hat, da mufs man ein Thermometer zu Hülfe nehmen, und sich die gehörige Erfahrung zu verschaffen suchen, um wieviel die Zeit des Bromirens bei einer Temperaturveränderung geändert werden mufs; das Bromwasser selbst mufs man auf gleiche Weise auf einer constanten Temperatur zu erhalten suchen, auch bereite man das verdünnte Bromwasser nur immer in kleinen Quantitäten zu wenigen Versuchen im Voraus. Man kann zwar zwei oder drei Platten unmittelbar hinter einander mit demselben Bromwasser bromiren, indem man für jede Platte einige Minuten an Zeit zugiebt, doch ist es besser das einmal gebrauchte Bromwasser sofort wegzugiefsen; das grofse Gefäfs lasse man stets offen stehen und wasche es öfter aus, um alles Brom zu entfernen, welches sich an den Wänden niedergeschlagen haben kann. Bedient man sich einer Camera obscura, bei welcher die Platten auf einem Brett befestigt werden, das gröfser als die Platten ist, so reinige man dasselbe vor jedem Versuch mit Spiritus, besser aber ist es noch, diejenigen Theile des Bretts, welche nicht von der Platte bedeckt werden, mit Staniol zu bedecken, den man dann nur mit trockner Baumwolle zu reinigen braucht. Der Holzkasten mancher Camera obscura hat die Eigenschaft, leicht Bromdämpfe einzusaugen, und dann eine Rückwirkung auf die Platte auszuüben, wodurch das Bild verdorben wird; diefs war mit einem Kasten aus Nufsbaumholz der Fall, den ich aus Paris erhalten hatte. Im Anfang gelangen die Versuche in diesem Kasten recht gut, allmälig gingen sie aber immer schlechter, bis ich zuletzt kaum nur noch Spuren eines Bildes erhielt; ein hier verfertigter Kasten aus demselben Holze zeigte diese Untugend nicht. Ist man so unglücklich einen Kasten erster Art erhalten zu

haben, so ist das Beste, ihn ganz zu verwerfen; kann man diefs aber nicht, so beobachte man folgende Regeln. Man lasse so viel als möglich den Kasten geöffnet im Freien stehen, und bringe ihn nie in ein Zimmer, wo Bromdämpfe seyn können. Sobald man eine Rückwirkung des Kastens auf die Platten zu bemerken glaubt, stelle man die Versuche ein, giefse einige Tropfen *liq. amm. caust.* in den Kasten, verschliefse denselben und lasse ihn so wenigstens eine Stunde stehen; dann öffne man ihn und lasse ihn so lange in freier Luft, bis sich aller Ammoniakgeruch verloren hat. Ob bei Metallkästen mit der Zeit derselbe Uebelstand eintreten könne, weifs ich nicht; ein kleiner Messingkasten, den ich häufig gebrauchte, zeigte ihn nicht, so lange im Innern die rohe Metallfläche nicht geschwärzt war. Geschwärzte Metallrahmen für die Platten zeigten aber eine sehr bemerkbare Rückwirkung, wenn sie nicht vor jedem Versuche gereinigt wurden; es ist daher besser solche Rahmen ungeschwärzt zu lassen. Fizeau hat bekanntlich schon angegeben, dafs wenn man schon Bromwasser nach dem Maafse verfertigt hat, man sich eine Menge Bromwasser bereiten kann, indem man die Farbe des ersteren zum Vergleichungsmoment nimmt, und er schlägt diefs als ein Auskunftsmittel vor, wenn man das Maafsgefäfs zerbrechen sollte. Diese Methode, welche anfangs roh erscheint, ist aber mit gehöriger Modification nur die einzig sichere, denn das destillirte Wasser verhält sich nicht immer gleich gegen das Brom. Es ist etwas anders, ob man Wasser benutzt, welches aus Glasgefäfsen oder aus verzinnten Gefäfsen destillirt wurde, und ob das Wasser frisch bereitet ist, oder schon einige Zeit an der Luft gestanden hat. Fizeau's Methode ist aber deshalb ohne Modification nicht brauchbar, weil verdünntes Bromwasser, selbst wenn es in sorgfältig verschlossenen Flaschen und im Dunkeln aufbewahrt wird, doch allmälig bleicht und zuletzt alle Farbe verliert; auf folgende Weise kann

man aber der Unsicherheit bei der Bereitung des Bromwassers entgehen, die aus einem Bleichen einer Normallösung entspringen würde. Man nehme zwei viereckige geschliffene Fläschchen von recht klarem Glas, und von möglichst gleicher Gröfse, Reinheit und Dicke des Glases (die meinigen hatten 1½ Zoll Länge und 1 Zoll Breite), nehme ein Stück feines weifses Postpapier, etwas breiter als die schmale Fläche des Glases, lege es glatt auf letztere, und klebe die überstehenden Ränder an den breiten Flächen des Glases fest; diefs Glas fülle man mit einer Normallösung von verdünntem Bromwasser, das andere Glas aber fülle man mit destillirtem Wasser. Durch eine Auflösung von *gummi guttae* suche man nun einem Blatt Papier von derselben Sorte als das vorige eine Farbe zu geben, so dafs das Papier mit der gefärbten Fläche an die schmale Fläche des letzteren Glases gehalten und, durch das Wasser gesehen, möglichst gleiche Färbung zeigt mit dem weifsen Papier durch das Bromwasser gesehen. Ist man dahin gelangt, so klebe man ein gleiches Stück gefärbten Papiers mit der gefärbten Fläche auf das zweite Fläschchen, wie früher das weifse Papier auf das erste Fläschchen. Das erste Fläschchen gebraucht man dann zur Verfertigung des verdünnten Bromwassers, und das zweite giebt die Normalfarbe.

Nach dem gewöhnlichen Verfahren jodirt man erst die Platten, und setzt sie dann den Bromdämpfen aus. Auf diesem Wege habe ich aber nicht das Maximum der Empfindlichkeit erreichen können; diefs gelang auf abgesottenen Platten nur durch doppeltes Bromiren, weil bei einfachem Bromiren die Jodschicht, wie es scheint, sich nicht in ihrer ganzen Dicke gleichförmig mit Brom durchzieht. Wenn für das einfache Bromiren man nicht über 40 bis 45 Secunden hinausgehen durfte, ohne einen Bromschleier zu erhalten, so zeigte sich für das doppelte folgende Regel.

Die Summe der Zeit beider Bromirungen ist gleich $1\frac{1}{7}$ der Zeit der einfachen Bromirung. Es zeigte sich dabei gleich, ob ich die abgekochten Platten 20 Secunden vor dem Jodiren und 40 Secunden nachher, oder 30 Secunden vorher und 30 Secunden nachher bromirte.

Die Beobachtung aller vorhergehenden Vorsichtsmafsregeln gewährt aber nur gröfsere Sicherheit des Erfolgs für neue Platten, oder für solche, welche nicht vergoldet waren; für Platten, welche mit Fizeau's Goldlösung behandelt worden sind, helfen alle Vorsichten wenig, und bleibt ein glücklicher Erfolg reiner Zufall. Die Silberschicht der Platten wird bis zu einer gewissen Tiefe durch die Vergoldung verändert, und diese Tiefe ist keineswegs constant, auch ist es unmöglich zu wissen, in welchem Zustande sich gerade diejenige Schicht befindet, bis zu welcher man durch das Schleifen einer vergoldeten Platte gekommen ist. Ein gut gelungenes Bild auf einer früher vergoldeten Platte ist in der Regel schöner, als ein gut gelungenes Bild auf einer neuen Platte; allein deshalb die Platte vorher vergolden wollen, scheint nicht rathsam.

Daguerre giebt an, dafs eine vergoldete Platte eben so viel Mal länger bromirt werden kann, als sie oft vergoldet wurde, ohne einen Bromschleier zu geben; ich kann diefs nach meinen Versuchen nicht bestätigen. Im Allgemeinen kann ich nur sagen, dafs eine früher vergoldete Platte bei gleicher Politur, Jodirung und Bromirung unempfindlicher ist, als eine neue, und dafs sie länger bromirt werden mufs, um ihr einen gleichen Grad von Empfindlichkeit zu ertheilen. Um wieviel aber die Bromirung verstärkt werden mufs, darüber wird sich schwerlich je ein allgemeines Gesetz geben lassen.

Aufser dem verdünnten Bromwasser habe ich mehrere andere Methoden der Anwendung des Broms versucht, sie haben aber alle mehr oder weniger Uebelstände; nur die Anwendung der trocknen Verbindung

des Broms mit dem Jod möchte ich empfehlen, denn mit Hülfe derselben habe ich die schönsten Resultate erhalten. Diese Verbindung ist nur leider nicht ganz beständig, denn das Brom verdunstet etwas schneller als das Jod, wodurch das Verfahren unsicher wird, auch ist sie ohne einen etwas complicirten Apparat nicht wohl anwendbar; jedoch kann der im Folgenden zu beschreibende Apparat auch für das trockne Bromjod benutzt werden. Am besten ist mir die Anwendung dieser Substanz auf folgende Weise gelungen. Man verfertige sich zunächst Bromjod, indem man fein zertheiltes Jod in Brom schüttet, so lange, bis alles Brom vom Jod gebunden ist, oder umgekehrt, man tröpfle Brom allmälig auf Jod, so lange, bis kein Brom vom Jod mehr gebunden wird, hierauf nehme man mit einem kleinen Glaslöffel etwas Bromjod und löse es in etwas Schwefeläther, so dafs man eine gesättigte Lösung dieser Substanz erhält. Man nehme nun ein Glas- oder Porcellangefäfs, am besten von cylindrischer Form, welches wenigstens 2½ Zoll hoch seyn mufs; der Boden desselben mufs recht eben und der obere Rand genau abgeschliffen seyn, so dafs das Gefäfs durch eine geschliffene undurchsichtige Glasplatte gut geschlossen werden kann. Ist das Gefäfs von Glas, so mufs man es mit schwarzem Papier überziehen, um alles Licht abzuhalten. In dieses Gefäfs lege man, recht gleichmäfsig dick, lockere Baumwolle, welche aber wenigstens 1 Zoll unter dem Rande des Gefäfses bleiben mufs; ein höheres Gefäfs und gröfserer Abstand von der Baumwolle verzögert zwar die Operation, giebt aber mehr Sicherheit in Hinsicht der Gleichmäfsigkeit der empfindlichen Schicht. Man hebe die Baumwolle von der einen Seite bis zur Mitte des Bodens etwas in die Höhe, giefse eine kleine Quantität Bromjodlösung in das Gefäfs, decke die Baumwolle schnell darüber und verschliefse das Gefäfs mit der Glasplatte. So verschlossen lasse man das Gefäfs eine halbe Stunde

oder

oder länger stehen, damit sich die Baumwolle recht gleichmäfsig mit den Bromjoddämpfen durchziehe, dann öffne man es einige Minuten, damit sich die ersten starken Dämpfe zerstreuen, wobei es gut ist durch Wehen einen Luftzug hervorzubringen. Befolgt man diese letztere Vorsicht nicht, so wird man in der Regel im Anfang eine zu starke vorherrschende Wirkung des Broms bemerken, und man kann dann den Apparat nicht wohl ohne vorherige Jodirung der Platten gebrauchen. Diefs scheint daher zu kommen, dafs man, um nicht zu wenig Brom zu haben, gewöhnlich bei der Bereitung des trocknen Bromjodids etwas zu viel Brom nimmt, und dann beide Bromjod-Verbindungen, die feste und die flüssige, vermengt bekommt; in letzterer ist aber das Brom vorherrschend. Es hat mir geschienen, als könne man auf dem hier beschriebenen Apparate auch die letztere flüssige Verbindung recht gut gebrauchen, wenn man neue Platten bis zur goldgelben Farbe vergoldete, aber nur leicht gelb vorjodirt, und sie dann bis zum Roth über dem Bromjod läfst; ich habe jedoch hiermit nur ein Paar Versuche anstellen können, die zwar sehr gut gelangen, der Zahl nach aber nicht hinreichend sind, um über diese Frage zu entscheiden. Für das trockne Bromjod ist das vorherige Jodiren überflüssig, es würde diefs nur der Empfindlichkeit nachtheilig seyn; man setzt die Platten unmittelbar den Dämpfen des trocknen Bromjods aus bis zur rothen Farbe. Bekommt bei dem ersten Versuch eine gute Platte schnell weifse Punkte, so mufs man den Apparat noch etwas lüften. Man braucht nun noch einen hölzernen lackirten Rahmen, in welchen die Platten mit ihrer Fassung gelegt werden, und welcher beim Bromiren an die Stelle der Glastafel kommt; dieser Rahmen mufs auf dem Gefäfse leicht im Kreise gedreht werden können, damit sich die Platten recht gleichmäfsig bromiren, und nach jedem Bromiren wird derselbe wieder durch die Glastafel ersetzt. Mein so vorgerichteter Ap-

parat wirkte drei Tage hinter einander, ohne neues Zugieſsen von Bromjodlösung, sehr constant, und ich habe damit gerade meine schönsten Bilder erhalten; als er aber acht Tage lang ungebraucht gestanden hatte, schien das Brom gröſstentheils verflüchtigt und hauptsächlich nur Jod zurückgeblieben zu seyn, man muſs dann frische Lösung zugieſsen. — Ich verfiel auf dieses Verfahren erst kurze Zeit vorher, als ich meine Versuche schlieſsen muſste, und habe daher über dasselbe nicht so viele Erfahrungen sammeln können, als z. B. über die Anwendung des Bromwassers; ich glaube es jedoch mit Recht den Praktikern zur Vervollkommnung empfehlen zu dürfen.

Hier muſs ich bemerken, daſs bei einer Auflösung von Jod in Schwefeläther sich allmälig Jodwasserstoffsäure, und bei einer Auflösung von Brom in Aether sich allmälig Bromäther und Bromwasserstoffsäure bilden; es ist daher nicht vorauszusehen, daſs die Lösung von Bromjod in Aether sich lange constant halten sollte, weshalb man wohl thun wird, sie nur immer in kleinen Quantitäten zu bereiten und möglichst frisch anzuwenden. Jedoch wirkte eine solche Lösung, die an einem dunklen Orte aufbewahrt worden war, nach vier Wochen noch ganz gut.

Alle Lösungen von Brom und Jod, die ich versuchte, zeigten sich für die Photographie nicht bequem, wenn eine schnelle Säurebildung in ihnen stattfand. Wenn auch eine solche Lösung im Anfang, so lange die Säurebildung nicht bemerkbar war, gut photographisch wirkte, so hörte sie doch auf brauchbar zu seyn, sobald sich eine saure Reaction bemerkbar machte. Ich halte daher die Bildung der erwähnten Säuren in den photographischen Substanzen, vor der Einwirkung des Lichts auf die Platte, als nachtheilig für den photographischen Proceſs, und für eine Ursache des Miſslingens der Operationen. Deshalb finde ich auch den Schwefeläther nicht für das beste Auflösungsmittel für Jod und Brom zum

Gebrauch in der Daguerreotypie, doch kenne ich bis jetzt noch kein anderes, welches den Vorzug verdiente, wenn man nicht wäfsrige Lösungen anwenden will. Man hat mit demselben Uebel, der Bildung von Bromwasserstoffsäure, zu kämpfen, wenn man gesättigtes Bromwasser auf längere Zeit vorbereitet, und die Lösung nicht hinreichend gegen die Einwirkung des Lichts geschützt wird, oder wenn fremdartige Körper in die Lösung fallen. So lange noch flüssiges Brom unaufgelöst auf dem Boden des Fläschchens sich befindet, in welcher man das gesättigte Bromwasser bereitet hat, ist die Bromwasserstoffsäure nicht sehr zu fürchten, wenn man das verdünnte Bromwasser nach der Farbe bereitet, doch mufs ich, meinen Versuchen nach, dafür halten, dafs sie auch in diesem Fall der Empfindlichkeit der Platte und Reinheit des Bildes entgegenwirkt, und man wird daher immer wohlthun, alles zu vermeiden, was ihre Bildung begünstigen kann. Derselbe Umstand der leichten Säurebildung hat mich verhindert die Anwendung der wäfsrigen Lösungen von Chlorjod mit Brom weiter zu verfolgen; die verschiedenen Verbindungen, welche ich versuchte, wirkten zwar anfänglich alle recht gut, zeigten sich aber, der leichten Säurebildung wegen, sehr unbeständig.

Zur Abmessung einer bestimmten Quantität Brom oder gesättigten Bromwassers bediene man sich lieber einer kleinen graduirten Spritze, welche oben mit Kautschuck zugebunden ist, statt der gewöhnlichen französischen mit Stempel.

Nach Gmelin's Handbuch der Chemie, 4. Ausgabe, giebt es zwei Verbindungen von Brom und Jod, und zwar die feste, Bromjod im Minimum, von welcher schon oben die Rede gewesen ist, und die flüssige, oder Fünffach-Bromjod; beide sind in der Photographie anwendbar. Die zweite Verbindung erhält man bekanntlich dadurch, dafs man nur wenig Jod zu Brom bringt, so dafs

seine feste Verbindung entsteht und noch etwas Jod ungelöst zurückbleibt. Wie Löwig bemerkt hat, löst sich diese Verbindung reichlich in Wasser, mit Abscheidung des etwa überschüssigen Broms oder Jods. Wegen des vorherrschenden Broms ist es mir nicht gelungen mit dieser Verbindung ohne vorherige Jodirung gute Resultate zu erhalten. Für Personen, welche eine wäfsrige Lösung von Bromjod anwenden wollen, dürfte folgende Bereitung derselben die einfachste und zugleich diejenige seyn, bei welcher das wenigste Material unnütz verwendet wird. Man giefse gesättigtes Bromwasser auf ein wenig Jod, und lasse es so 12 bis 24 Stunden an einem dunkeln Orte stehen, um eine gesättigte Lösung von Jod zu erhalten, dann giefse man die Lösung ab und setze etwas Brom zu, so dafs auf dem Boden der Flasche ungelöstes Brom zurückbleibt, wodurch man sich gegen den Verlust von Brom aus der Lösung, und daher auch gegen eine Abnahme der Empfindlichkeit derselben schützt. Diese Lösung wendet man dann in einer beliebigen Verdünnung an. Am besten scheint die citrongelbe Verdünnung; die Platten werden goldgelb jodirt und dann bis zum Rothwerden über der Bromjodlösung gelassen; die Verdünnung verfertige man erst dann, wenn man sie nöthig hat. Der Vorschriften zur Verfertigung von Lösungen beschleunigender Substanzen sind so viele gegeben worden, dafs es schwer ist alle zu prüfen, doch habe ich deren noch mehre versucht, die ich hier übergehe. Nur eine Substanz will ich hier noch erwähnen, welche sich der Säurebildung weniger unterworfen zeigte als die übrigen, dafür aber auch den Platten nur eine geringe Empfindlichkeit ertheilte. Setzt man zu gesättigtem Bromwasser tropfenweis etwas weniges einer gesättigten Jodlösung in Spiritus, so bildet sich ein Niederschlag, der fast wie sehr fein zertheiltes Jod aussieht. Giefst man nun die Flüssigkeit von dem Niederschlag möglichst rein ab, und schüttelt letzteren mit destillirtem Wasser, be-

deutend mehr, als man Bromwasser genommen hatte, so bildet der frühere Niederschlag einen starken schwarzgrauen Schaum, der langsam in Flocken zu Boden fällt. Das Wasser färbt sich dabei dunkler als gewöhnliches gesättigtes Jodwasser, wirkt langsam auf die Platten, zeigt sich aber als Lösung einer beschleunigenden Substanz. Diese Lösung hielt sich einige Wochen an einem dunklen Ort ganz unverändert; da ich aber durch dieselbe keine so grofse Empfindlichkeit erlangen konnte, als durch Bromwasser, so habe ich mich mit derselben später nicht weiter beschäftigt.

Meine Ansicht über die hier vorzugsweise erwähnten beschleunigenden Substanzen ist in kurzen Worten folgende:

Bromwasser mit gehöriger Vorsicht angewendet, ist das sicherste Mittel, um so viel als möglich constante Resultate zu erhalten.

Brom-Jod im Minimum, nach der Farbe angewendet, giebt die schönsten Bilder, ist aber weniger empfindlich.

Fünffach-Brom-Jod-Lösung, nach der Farbe angewendet, ist empfindlicher, als das vorhergehende Mittel, giebt aber nicht ganz so schöne Resultate.

Aussetzen der Platten in der Camera obscura.

Ueber die Zeitdauer der Lichtwirkung, um ein gutes Bild zu erhalten, läfst sich leider bis jetzt keine Regel geben, die auch nur einigermafsen genügend wäre; nur eine grofse practische Erfahrung kann hier als Führerin dienen, die aber auch keineswegs sicher ist, denn die Wirkung hängt nicht allein von der Erleuchtung, sondern auch von atmosphärischen Einflüssen ab, die bis jetzt noch ganz unerforscht sind. Ich finde mich veranlafst in dieser Beziehung eine Bemerkung mitzutheilen, die sich mir während meiner Versuche aufgedrungen hat. Drei Wochen hindurch, während welcher Zeit ich täg-

lich mit dem Daguerreotyp arbeitete, herrschten hier häufige Gewitter, die sich, wie gewöhnlich, erst spät in den Nachmittagsstunden erhoben. An solchen Tagen zeigte nun das Daguerreotyp, ungeachtet sehr scharfer Beleuchtung der Gegenstände, eine ungewöhnliche Unempfindlichkeit, obgleich die Platten ganz nach denen in gewitterfreier Zeit gesammelten Erfahrungen behandelt worden waren. Zeigte sich an einem folgenden Tage das Daguerreotyp wieder wie früher empfindlich, so folgte auch kein Gewitter, so dafs ich zuletzt aus der Unempfindlichkeit der Platten auf ein kommendes Gewitter schlofs, und mich dabei noch nicht getäuscht habe. Ich würde nach anderen Ursachen dieser Erscheinung gesucht haben, wenn nicht einer meiner Bekannten, welcher, ganz unabhängig von mir, mit anderen Apparaten und an einem ganz anderen Orte der Stadt, zu gleicher Zeit mit dem Daguerreotyp arbeitete, dieselbe Bemerkung wegen der wechselnden Empfindlichkeit gemacht hätte, ohne an den Einflufs von Gewittern gedacht zu haben; derselbe kam zunächst zu mir, um mir die Bemerkung mitzutheilen: »man müsse an verschiedenen Tagen verschieden stark bromiren, um dieselbe Empfindlichkeit zu erhalten.« Als die Gewitterzeit vorüber war, habe ich einen so starken und häufigen Wechsel der Empfindlichkeit der Platten nicht wieder beobachtet; in viel geringerem Grade machte er sich jedoch auch dann noch zuweilen wahrnehmbar, so dafs ich mir die Bemerkung erlaubte, das Daguerreotyp könne mit der Zeit noch zu einem meteorologischen-Instrument werden.

Quecksilberapparat.

Reines flüssiges Quecksilber ist jedenfalls dem Amalgam von *Soleil* vorzuziehen; gegen das Spritzen des Quecksilbers schützt man sich einfach dadurch, dafs man einen mit Gase überzogenen Holzrahmen in den Apparat legt und hierauf lockere Baumwolle deckt. Das Queck-

silber mufs man von Zeit zu Zeit mit einer Feder von dem Quecksilberhäutchen reinigen, welches sich auf seiner Oberfläche bildet. Auch von Seiten des Quecksilberapparats kann in Folge eingesogener Bromdämpfe eine nachtheilige Rückwirkung auf die Platte eintreten, ich habe diefs aber nur ein Mal bei einem meiner Apparate beobachtet; einige Tropfen flüssigen Ammoniaks und Aussetzen des Apparats in die freie Luft half auch hier, wie bei der Camera obscura.

Waschen im unterschwefligsauren Natron.

Das Waschen der Platten im unterschwefligsauren Natron würde mir zu keiner besonderen Bemerkung Veranlassung gegeben haben, wenn es sich nur um solche Bilder handelte, welche nicht mit der Fizeau'schen Goldsolution vergoldet werden sollen; will man aber dem Bilde diese letzte Vollendung geben, so kommt auch auf die eben in Rede stehende Operation viel an. Um bei der Vergoldung ein reines Bild zu erhalten, mufs das Natron die empfindliche Schicht in ihrer ganzen Ausdehnung möglichst zu gleicher Zeit und gleichmäfsig angreifen; deshalb rühre oder schüttele man die Natronlösung vor dem Hineinlegen der Platten vorher durch einander, und lasse so viel als möglich die Platten so in die Lösung fallen, dafs sie von derselben gleichzeitig ganz bedeckt werden; dann schüttle man die Platten in der Lösung hin und her, bis sie sich von der empfindlichen Schicht ganz befreit zeigen. Das Verfahren, die Platten vorher in reines Wasser und dann feucht in das Natron zu legen, ist nicht zu verwerfen, weil alsdann die Natronlösung leichter die empfindliche Schicht gleichmäfsig angreift; die Platten mit Spiritus zu benetzen, halte ich aber weder für nöthig, noch gerade für vortheilhaft, im Gegentheil habe ich einige Mal gerade dadurch Flecke auf die Platte bekommen. Reinigt sich die Platte ungleich, so dafs sich auf derselben Flecken zeigen, wo

die empfindliche Schicht länger haftet, als an anderen Stellen, so ist schon wenig Wahrscheinlichkeit, durch die Vergoldung ein reines Bild zu erhalten, denn jene Flecken treten beim Vergolden in der Regel wieder hervor. Es gelingt zwar zuweilen diese Flecken, sobald sie beim Vergolden hervortreten, noch zu vernichten, indem man die Lampe unter der Platte so führt, wie man einen Pinsel führen würde, um Flecke zu verwaschen, jedoch hilft diefs Mittel nicht immer. Bedient man sich statt des unterschwefligsauren Natrons einer Kochsalzlösung und zugleich einer galvanischen Wirkung, indem man einen Zinkstab langsam auf dem Rande der Platte herumführt und einzelne Stellen der Platte damit berührt, so unterlasse man das Vergolden ganz, denn eben solche Wolkenlinien, wie die Begränzung der empfindlichen Schicht bildet, indem sich dieselbe langsam vom Zinkstab zurückzieht, treten beim Vergolden bleibend auf der Platte hervor, und aufserdem wird das Bild noch gewöhnlich grau. Vor dem Aufgiefsen der Vergoldungsflüssigkeit wasche man jede Platte sorgfältig in destillirtem Wasser, um alles Natron zu entfernen.

Vergoldung.

Die von Fizeau angegebene Methode der Vergoldung gewährt nicht nur den Vortheil das Bild zu fixiren, sondern sie erhöht auch die Schönheit des Bildes bedeutend; es ist aber gerade diese Operation, bei welcher mir viele schöne Bilder verunglückt sind. Die kalte Vergoldung hat die guten Eigenschaften der Fizeau'schen nur im geringen Grade. Dagegen habe ich aber die Nachtheile der letzteren an ihr nicht bemerkt, doch ist es mir vorgekommen, dafs Bilder, durch die kalte Vergoldung fixirt, nach längerer Zeit schwarz und fleckig geworden waren, obgleich sie anfangs ganz rein und schön erschienen. Die oben erwähnten Flecken schienen zuweilen ihren Grund im Putzen, zuweilen im Jo-

diren der Platte zu haben, denn sie wiederholten sich nicht immer auf derselben Platte; dagegen giebt es aber Platten, wo die Ursache dieser Flecke in den Platten selbst liegen mufs, denn sie wiederholten sich an derselben Stelle, mit ziemlich derselben Form, was man auch immer mit der Platte beginnen mochte. Aufser diesen Flecken, deren Ursprung ich mit Sicherheit nicht auffinden konnte, zeigen sich zuweilen bei der heifsen Vergoldung auch andere, von weifsgrauer Farbe, deren Ursachen mir nicht zweifelhaft geblieben sind. Diese letzteren Flecke können, aufser dadurch, dafs beim Waschen im unterschwefligsauren Natron die empfindliche Schicht nicht in allen Stellen vollkommen entfernt wurde, noch entstehen:

1) auf einer neuen Platte, in Folge nicht gehörig reinen Putzens derselben;
2) auf einer Platte, welche den Quecksilberdämpfen ausgesetzt worden war, in Folge davon, dafs bei dem Schleifen die Platte nicht stark genug angegriffen und deshalb nicht alles Quecksilber gehörig entfernt wurde;
3) in Folge, dafs nach dem Waschen im unterschwefligsauren Natron die Platte nicht von dem Natron gehörig gereinigt wurde;
4) in Folge einer Zersetzung der Goldlösung.

Vielleicht giebt es noch andere Ursachen dieser Flecke, mir sind aber keine weiteren vorgekommen. Was die unter 1 bis 3 angegebenen Ursachen der Flecke betrifft, so folgt schon aus dem Vorhergehenden, wie sie vermieden werden können, es soll daher hier nur noch von No. 4 die Rede seyn. Zur Verfertigung der Goldauflösung habe ich mich immer französischer Materialien bedient, und mich genau an Fizeau's Vorschrift gehalten. Die Goldlösung ist mir immer recht gut gelungen, sie war in der Regel rein und wasserklar; allein sie zeigte sich als eine ziemlich unbeständige Verbindung. Im Anfange wirkte die Lösung recht gut, gewöhnlich zeigten

sich aber bald weifse Flocken in derselben, und dann entstanden auf den Platten auch weifse Flecke, überhaupt wirkte sie dann schlechter als früher. Man kann eine solche Lösung wieder ganz brauchbar machen, wenn man sie auf ein Filtrum bringt, und dann mehr neue Goldlösung, von 1 Theil Chlorgold auf 500 Theile Wasser, zusetzt. Wie viel Chlorgold man aber in solchen Fällen zusetzen mufs, kann ich nicht sicher bestimmen; etwas zu viel Gold hat aber keinen erheblichen Nachtheil, die Bilder erhalten höchstens einen schwachen Goldton, der keineswegs unangenehm ist. Jedenfalls darf man aber nicht so viel Chlorgold zusetzen, dafs die Flüssigkeit eine bemerkbare Färbung zeigt, wenn man den Goldton vermeiden will. Eine Quantität Goldlösung habe ich auf solche Weise drei Mal glücklich verbessert. Mifslingt die Goldlösung bei der ersten Verfertigung, so dafs sie sich etwas bräunlich färbt, so kann man sie auf dieselbe Weise verbessern, wie die flockig gewordene. Kleine Platten braucht man nach der Vergoldung nicht mit siedendem Wasser zu waschen, sondern man spüle sie nur mit kaltem Wasser rein ab, fasse sie an einer Ecke mit einer Zange und erhitze sie an der anderen Ecke mit einer Spirituslampe, indem man die Platte etwas geneigt hält; sobald das Wasser anfängt sich zurückzuziehen, blase man stark auf die Platte und folge dem Rande des Wassers mit der Lampe nach. Um diefs Verfahren anzuwenden, mufs man sich aber zuvor darin üben, sonst thut man besser die Platten mit kochendem Wasser zu waschen.

Mittel die Dicke der empfindlichen Schicht zu erhöhen.

Es ist hinreichend bekannt und schon mehrfach besprochen worden, dafs alle Bilder, welche man mit Benutzung der im Vorhergehenden erwähnten Mittel erhält, sehr wenig Plastisches haben, und Daguerre schreibt diefs gewifs mit Recht der äufserst geringen Dicke der

empfindlichen Schicht zu; denn wenn es gelingt diese Dicke zu erhöhen, so erhalten auch die Bilder weit mehr Rundung, und zuweilen fast künstlerische Vollendung. Es ist vorgeschlagen worden, die Platten zu diesem Zweck mit ätherischen Oelen, z. B. Lavendelöl, Steinöl etc., zu behandeln, nachdem sie schon gehörig polirt worden sind, und in der That kann man auf diesem Wege zu Bildern gelangen, welche andere ohne dieses Mittel erhaltenen, weit übertreffen. Ich habe aber doch bei der Anwendung ätherischer Oele gröfsere Schwierigkeiten gefunden, als ich erwartete; denn es gelingt nicht immer, den Platten durch diese Substanzen einen hinreichend gleichmäfsigen Ueberzug zu geben, um ein reines Bild zu erhalten. Am besten gelang mir diefs noch, wenn, nach der Auftragung des Oels und möglichster Abgleichung desselben mit Baumwolle, ich die Platten noch leicht mit Roth, Sammt No. 2 und Spiritus, und dann noch mit trocknem Sammt No. 2 überzog. Doch auch, dann verunglückten mir die Bilder mehrfach.

Eine andere Methode zur Erhöhung der Dicke der empfindlichen Schicht ist die von Hrn. Daguerre vorgeschlagene, welche in diesen Annalen, Bd. 62 S. 80 bis 89, mitgetheilt worden ist. Ob aufserdem noch andere Vorschläge zu diesem Zweck gemacht worden sind, ist mir bis jetzt nicht bekannt geworden. Was nun diese Methode anbetrifft, so kann ich aus eigener Erfahrung versichern, dafs man durch dieselbe wirklich zu sehr schönen Resultaten gelangen kann; allein obgleich ich dieselbe nur für Achtelplatten in Anwendung gebracht habe, zeigte sich mir doch, dafs dieselbe äufserst zeitraubend ist, und aus diesem Grunde schon allein schwerlich viele Anwendung finden wird. Hierzu kommt aber noch der Umstand, dafs diese Methode mehrere Operationen erfordert, welche nur einer sehr geübten Hand hinreichend gelingen können; überhaupt müssen aber bis zur Jodirung acht Operationen mit der Platte vorgenommen wer-

den, und man kann daher fast nie sagen, worin ein mifslungener Versuch seinen Grund hatte. Daguerre sucht in seiner Methode alles zu vereinigen, was nach schon bekannten Erfahrungen die Schönheit des Bildes erhöhen kann, daher

1) die vorläufige Vergoldung der Platte,
2) der Gebrauch des ätherischen Oels,
3) der Gebrauch verschiedener Metallsolutionen, auf welche Hr. Daguerre selbst schon früher aufmerksam gemacht hatte.

Was No. 1 anbetrifft, so bleibt auch hier dasjenige gültig, was über vergoldete Platten schon bei dem Bromiren bemerkt wurde, und in Betreff No. 2 müfste ich das wiederholen, was schon oben gesagt ist; es bleibt daher noch No. 3 zu betrachten.

Daguerre wendet zur Vorbereitung der Silberplatte noch folgende Metalle an: Quecksilber, Gold und Platin, und er bemerkt dabei, dafs er sie alle für ganz nothwendig zur Erlangung eines vollkommenen Resultats halte, dafs aber die Anwendung derselben abgeändert werden könne. Hiermit bin ich einverstanden; allein ich kann bis jetzt nicht die Ansicht theilen, welche Daguerre in einigen Worten anzudeuten scheint, in Betreff der Rolle, welche diese Metalle im photographischen Processe spielen. Ich halte nämlich hier das Gold für das wichtigste Metall nächst dem Silber; das Platin dient um die secundären Färbungen zu vernichten, welche durch das Gold bedingt werden, das Quecksilber endlich aber zur Amalgamation. Quecksilber vor der Jodirung an die Platten gebracht, mufs ich nach mehrfachen, unter verschiedenen Umständen gemachten Beobachtungen für den photographischen Procefs eher nachtheilig als förderlich halten, und die Photographie würde vielleicht gewinnen, wenn man ein anderes Mittel fände, welches das Quecksilber ersetzte. Es kann nun zunächst die vorläufige Vergoldung und das ätherische Oel bei der Behandlung

der Platten wegfallen, und man kann sich zur weiteren Behandlung der Platte der Chloride bedienen. Ich setze immer zuvörderst eine Platte voraus, welche nach der im Eingang angegebenen Weise so weit behandelt worden ist, dafs sie zur Vollendung noch der Behandlung mit Sammt No. 2, Spiritus und Roth, und dann noch mit Sammt No. 2 bedürfen würde. Ueberschleift man nun eine solche Platte mit einem Gemisch verdünnter wäfsriger Lösungen von Quecksilberchlorid (Aetzsublimat) und Goldchlorid, so kann man den Bildern die verschiedensten Farbenspiele ertheilen, je nachdem man mehr oder weniger Chlorgoldlösung zum Quecksilber setzt, und man lernt hierbei fast an die Homöopathie glauben. Auch erhielt ich eine solche Zusammensetzung, welche mich fast zu dem Irrthum verleitet hätte zu glauben, dafs ich ein Mittel gefunden habe, um die natürlichen Farben der Körper wiederzugeben. In der That erhielt ich Bilder eines Gebäudes, in denen der Himmel schwach blau, die Kuppel des Gebäudes graugrün, die Säulen weifs, die Hinterwände gelb waren. Sämmtliche Farben entsprachen denen der Natur, aber nur das Gelb war eben so stark und ganz der Farbe der Wände entsprechend; das Bild erschien, als wenn es schwach illuminirt wäre. Ich überzeugte mich aber bald, dafs wenn auch wirklich die natürlichen Farben der Körper hierbei nicht ganz ohne Einflufs waren, das Wesentliche doch eigentlich in der Stärke des reflectirten Lichts liege, weil mit dieser auch die Farbentinten wechselten, so dafs z. B. stärker beschattete weifse Gegenstände sich schwach röthlich oder orange gefärbt zeigten. Durch allmäligen Zusatz einer verdünnten Lösung von Platinchlorid kann man nun diese erwähnten Färbungen tilgen, so dafs man zuletzt höchstens ein schwaches Kirschroth behält, welches nur in sehr schräger Lage des Auges gegen die Platte bemerkbar ist. Zu viel Platin macht die Bilder grau. Wie gesagt, hat man es hier fast mit homöopatischen

Wirkungen zu thun, deshalb mag wohl auch die Beschaffenheit der Materialien nicht ohne Einflufs seyn, doch habe ich darüber keine directen Erfahrungen. Was meine Materialien anbetrifft, so habe ich bei Anwendung der Chloride folgendes Gemisch für das beste gefunden, man löse

1) 1 Th. Quecksilberchlorid (Aetzsublimat) in 1400 Th. Wasser
2) 1 Th. Chlorgold in 500 Th. Wasser
3) 1 Th. Platinchlorid in 4000 Th. Wasser

} dem Gewichte nach.

Diefs sind auch die von Hrn. Daguerre gebrauchten Lösungen. Dann nehme man

von No. 1 1 Th. ; von No. 2 10 Th. ; von No. 3 4 Th. dem Volumen nach,

und verdünne diese 15 Th. noch mit eben so viel Wasser. Man schütze dieses Gemisch vor starker Einwirkung des Tageslichts, denn es färbt sich darin allmälig schwach violett und wirkt dann nicht mehr so gut. Ungeübte Personen können noch eine stärkere Verdünnung, selbst bis zu 30 Th. Wasser nehmen, man mufs dann aber die Platte wenigstens drei Mal überschleifen. Die zuletzt angegebenen Verhältnisse, welche für meine Materialien die besten waren, können sich mit der Beschaffenheit der Substanzen wohl etwas ändern, es kann aber für jeden Operateur nicht schwer seyn, dieselben mit Rücksicht auf das oben Gesagte für seine Materialien zu modificiren. Das Gemisch mufs überhaupt so weit verdünnt werden, dafs es die Silberplatten nur kaum bemerkbar angreift; sobald es noch bemerkbar ätzt, hat man noch Wasser zuzusetzen. Eine Platte, die nun schon so weit geschliffen ist, wie oben angegeben, überschleift man noch zwei bis drei Mal mit Roth, feiner Baumwolle und dem oben erwähnten Gemisch, indem man besonders beim letzten Uebergehen der Platte den Baumwollenballen nur ganz leicht über die Platte führt. Dann übergehe man die Platte noch leicht mit

Spiritus, Roth und Sammt No. 2, um abzugleichen, und endlich mit trocknem weichen Sammt No. 2, um alles Roth wegzunehmen, und jodire dann. Die so behandelten Platten werden im Jod leicht blauroth, und diefs scheint auch für sie die beste Farbe zu seyn; den Dämpfen des Bromwassers müssen sie etwas länger ausgesetzt werden, als gewöhnliche Platten, schon der dickeren Jodschicht wegen. Die Behandlung mit Chloriden macht die Platten sehr empfindlich, man erhält darauf hübsche Ansichten und Portraits; auch kann ich mich über die Unsicherheit der Resultate eben nicht sehr beklagen. Die wahre Vollendung erhalten die Bilder aber immer erst durch die Fizeau'sche Vergoldung.

Noch weit schönere Bilder gewährt aber die folgende Methode. Man vollende die Vorbereitung der Platte ganz wie sie im Eingang angegeben ist, dann bereite man sich folgende Gemische:

1 Vol. gesättigter Lösung von Quecksilbercyanid in destillirtem Wasser,

2 Vol. Wasser;

ferner:

2 Vol. bis $2\frac{1}{2}$ Vol. von einer guten klaren Lösung von Chlorgold und unterschwefligsaurem Natron, wie man sie, nach Fizeau, zum Vergolden gebraucht,

hiezu setze man:

2 Vol. bis $2\frac{1}{2}$ Vol. von der oben erwähnten Lösung von Platinchlorid in Wasser, unter starkem Umrühren.

Dieses letztere Gemisch setze man nun unter Umrühren zu dem verdünnten Cyanid. Hat man die Proportionen richtig getroffen, so mufs das Gemisch klar bleiben, und es mufs wenigstens einige Tage stehen können, ohne dafs sich ein grauer Niederschlag bildet, wenn es nicht zu stark dem Tageslicht ausgesetzt wird. Ich habe mir dieses Gemisch immer nur in kleinen Quantitäten bereitet,

mit Hülfe eines Maafsröhrchens von 3 Millim. Durchmesser, in welches man die Flüssigkeit mit dem Munde einsaugt. Man reinige aber ein solches Röhrchen jederzeit mit destillirtem Wasser, bevor man eine andere Substanz damit abmifst. Man nehme jetzt die fertig polirte Platte, übergehe sie mit Roth, einem Bällchen feiner Baumwolle und der angegebenen Flüssigkeit recht gleichmäfsig, und bevor die Platte trocken wird, nehme man mit einem zweiten Bällchen das Roth weg, dann beginne man wieder auf's Neue mit dem ersten Bällchen und ende mit dem zweiten, endlich nochmals mit dem ersten und dann mit dem zweiten. Weiter gehe man aber nicht: man kann schon mit zwei Malen aufhören, dann hat das Bild aber weniger Relief. Die Baumwollenbällchen bewahre man; gebrauchte sind besser als neue, und man kann sie lange benutzen. Man mufs diese Operation mit recht leichter Hand machen, ohne auf die Platte zu drücken, und sich bemühen, die Flüssigkeit gleichmäfsig an der Platte anhaften zu machen. Die Oberfläche der letzteren bekommt ein mattes Ansehen und wird sehr weich; sie mufs nun noch abgeglichen werden. Hierzu bedient man sich wieder des Roth, Spiritus und Sammt No. 2, und dann des trocknen Sammts No, 2; hüte sich aber ja auf die Platte zu drücken, um nicht Risse in die weiche Masse zu machen, die dann erst bei der Vollendung des Bildes bemerkbar werden. Ich bin zwar immer recht gut mit Baumwollensammt fertig geworden; solchen Personen aber, die keine leichte Hand haben, möchte ich doch wohl lieber rathen, sehr weichen Seidensammt, oder vielmehr noch besser sorgfältig gereinigtes weifses Leder anzuwenden. Ohne Anwendung des Roth gelingt die Amalgamation der Platte schwieriger, sonst wäre es besser diese Substanz wegzulassen; vielleicht findet sich mit der Zeit statt dessen eine andere, welche zugleich photographische Eigenschaften besitzt, wodurch die Wirkung noch erhöht werden kann.

Die

Die amalgamirte Platte jodirt man roth, man braucht sie aber keineswegs zu verwerfen, wenn sie schon einen blaurothen Schein bekommen hat. Bedient man sich der Lösung von Bromjod in Schwefeläther, wodurch man die schönsten Bilder erhält, so bleibt dasjenige gültig, was oben bei dem Bromiren bemerkt wurde, auch in Bezug auf früher vergoldete Platten.

Die nach letzter Weise mit Cyanid behandelten Platten sind etwas weniger empfindlich, als die mit Chloriden geschliffenen; doch habe ich bei geeigneter Bromirung, mit Anwendung des trocknen Bromjod, selbst an den trübsten Herbsttagen, in 15 Secunden sehr schöne Bilder auf ihnen erhalten. Nach dem Aussehen der Bilder im Quecksilberkasten würde man wenig von ihnen erwarten; man lasse sich aber dadurch nicht täuschen, das Bild liegt hier offenbar unterhalb der Oberfläche des Jod in der Tiefe des Amalgams und erscheint daher verschleiert, erst durch das Waschen im Natron wird das Bild klar. Aber auch dann noch wird es eben nicht scheinen, als gewähre diese Methode einen erheblichen Vortheil, denn dieser zeigt sich erst bei der Vergoldung, hier geht ein gelungenes Bild mit einer Schönheit hervor, wie ich es auf keine andere Weise erhalten habe; denn es zeigt sich massenhaft, fast wie auf klarer Deckfarbe aufgetragen. Mifslungen sind mir bis jetzt nach diesem Verfahren Bilder nur dadurch, dafs ich sie zu lange in der Camera obscura liefs; dann scheint es, als wenn das Amalgam, an den Stellen wo das Licht sehr stark wirkte, sich förmlich verflüchtigt hätte. Ich habe versucht bei diesem Verfahren noch ätherisches Oel in Anwendung zu bringen, aber es glückten mir damit nur wenige Bilder, von denen ich nicht sagen kann, dafs sie sich vor den anderen besonders ausgezeichnet hätten. Meine schönsten Bilder habe ich immer vorzugsweise bei bedecktem Himmel erhalten. Auf gröfsere als Viertel-

platten habe ich die beiden zuletzt angegebenen Verfahren nicht angewendet.

Die Photographen sind nicht einig darüber, ob die Feuchtigkeit der Luft nachtheilig oder vortheilhaft für den photographischen Procefs sey, meinen Erfahrungen nach glaube ich hierüber Folgendes sagen zu können:

1) Eine möglichst trockne empfindliche Schicht auf der Platte giebt reinere und schönere Bilder, als eine solche, die etwas Feuchtigkeit enthält.

2) Wasserdünste in der Luft, so lange sich dieselben nicht auf der Platte condensiren, bevor die gewünschte Lichtwirkung stattgefunden hat, sind dem photographischen Procefs im Allgemeinen nicht nachtheilig, ich würde mich sogar eher zu der Meinung neigen, eine feuchte Luft und kühle Witterung für vortheilhaft zu halten, als zu der entgegengesetzten.

3) Selbst starke Condensation von Wasserdünsten aus der Luft auf die Platten, wenn dieselbe schon aus der Camera obscura genommen, aber noch nicht den Quecksilberdämpfen ausgesetzt waren, schadet wenigstens dem Bilde nicht bemerkbar. Einer meiner Bekannten erhielt unter solchen Umständen sogar einige Bilder, die sich ohne Vergoldung so stark fixirt zeigten, dafs sie nur durch starkes Abschleifen mit Oel vernichtet werden konnten; was hier der Zufall gethan hatte, ist mir künstlich nachzuahmen noch nicht gelungen.

Zum Schlufs bemerke ich noch, dafs der Versuch, die Mondsbahn zu daguerreotypiren, mir mit der gröfsten Leichtigkeit gelungen ist, sowohl mit Anwendung des Doppelobjectivs, als auch mit gewöhnlichen einfachen Objectiven. Ich habe diesen Versuch sowohl bei Vollmond, als in den Vierteln wiederholt, und stets Platten angewendet, die mit Bromwasser behandelt waren. Die mit dem Doppelobjectiv erhaltenen Bilder hatten genau die Breite des Mondbildes auf der Glastafel und scharf begränzte Ränder, in den Vierteln hatte der Anfang und

das Ende des Streifens eine den entsprechenden Mondrändern ganz entsprechende Form, woraus folgt, dafs das Mondlicht fast momentan auf die photographische Schicht wirkte [1]). Bei der Anwendung des Doppelobjectivs zeigt sich im Bilde der Mondbahn jederzeit deutlich ein den Rändern paralleler dunkler Streifen, welcher, so viel die Kleinheit des Bildes, was nur 2 Millim. Breite hatte, eine genaue Messung zuliefs, der Mondszone zwischen 6° S. und 20° N. Breite entsprach; diese Zone ist die am schwächsten photographisch wirkende der Mondsoberfläche. Es wäre interessant diese Versuche mit grofsen Objectiven zu wiederholen, deren sphärische Aberration möglichst corrigirt ist. Mein gröfstes einfaches Objectiv, welches ich zu diesen Versuchen benutzen konnte, gab zwar für die Mondsbahn einen Streifen von 5 Millim. Breite, und der dunkle Streifen war hierin unzweifelhaft zu erkennen; allein wegen der grofsen sphärischen Aberration des Glases war das Bild zu unbestimmt begränzt, um eine genauere Messung als die oben angegebene, zuzulassen. Begünstigt von einem reinen Himmel, habe ich die totale Mondfinsternifs am $\frac{20.\ \text{Mai}}{1.\ \text{Juni}}$ 1844 daguerreotypirt von ihren Anfang bis zum Eintritt der totalen Verfinsterung; das Bild der Mondbahn gleicht hier einem wenig gekrümmten Elephantenzahn, der dunkle Streifen ist auch hier sichtbar, und man sieht nicht nur deutlich, wie die Breite des Mondes allmälig abgenommen hat, sondern auf dem ganzen Bilde macht sich auch eine allmälige Schwächung der Lichtwirkung deutlich bemerkbar so dafs endlich die sehr wenig stumpfe Spitze nur noch schwer zu erkennen ist. Der trübe Himmel verhinderte mich denselben Versuch bei der totalen Mondfinsternifs am $\frac{13.}{25.}$ November desselben Jahres zu wiederholen.

1) Ich besitze von Hrn. Prof. Moser eine solche, am 18. Sept. 1842 aufgenommene Mondsbahn. *P.*

Nachtrag.

Nachdem der vorstehende Aufsatz schon abgeschlossen war, sind mir noch die Bemerkungen von Valicourt und von Fortin über Bromjodid und Bromjodür in Dingler's polytechn. Journ., 1. Augustheft 1844, zu Gesicht gekommen. Diese beiden Bemerkungen kommen im Ganzen auf dasselbe hinaus, was oben von mir über die erwähnten Substanzen gesagt wurde. Aus allem geht hervor, dafs, um das Maximum der Empfindlichkeit zu erhalten, wenn man mit Brom und Jod operirt, abgesehen von der Bedingung der Reinheit der Silberfläche, man folgende Bedingungen zu erfüllen hat:

1) dafs auf der Platte mit einer bestimmten Quantität Jod eine bestimmte Menge Brom verbunden sey,
2) dafs diese beiden Substanzen in der ganzen Dicke der empfindlichen Schicht möglichst gleichmäfsig verbunden seyen.

Was die erste Bedingung anbetrifft, so kann man derselben durch alleinige Anwendung einer der beiden chemischen Verbindungen des Jods und Broms nicht genügen, denn Bromjod im Minimum enthält zu wenig Brom für den photographischen Procefs, und Bromjod im Maximum zu viel. Den letzten Fehler kann man durch vorläufiges Jodiren verbessern, den ersten aber durch Bromiren, wo dann das Aussetzen der Platten den Dämpfen des Bromjods die Stelle des Jodirens nach der Methode Fizeau's vertritt. Dem Bromschleier setzt man sich in beiden Fällen eben so gut aus, als bei der Methode Fizeau's, deshalb würde ich blofsen Praktikern immer rathen, lieber von der Forderung einer grofsen Schnelligkeit der Wirkung etwas nachzugeben, und sich des Bromjods im Minimum zu bedienen, welches, wenn man erst im Gebrauch dieser Substanz gehörig geübt ist, die sichersten und schönsten Resultate giebt; will man aber mit letzterer Substanz die gröfste Empfindlichkeit errei-

chen, so ist es gut, die Platten erst bis zum starken Gelb den Dämpfen des Bromjods und dann einige Secunden den Dämpfen des Bromwassers auszusetzen, hierauf aber dieselben wieder bis zum Roth über den Bromjod zu lassen. Beide Verbindungen des Broms und Jods, haben, meinen Erfahrungen nach, die Eigenthümlichkeit, daſs das Brom aus ihnen verhältniſsmäſsig schneller verdunstet als das Jod; Bromjod im Minimum ist beständiger als die andere Verbindung, bereitet man aber die letztere auf die von mir angegebene Weise, so wird durch den Ueberschuſs von Brom im Fläschchen der Verlust compensirt.

Was die Bedingung No. 2 anbetrifft, so erfüllt sie sich bei einfacher Anwendung des trocknen Bromjods von selbst, und mit dem Bromwasser erfüllt man sie durch die oben angegebene doppelte Bromirung. Im Allgemeinen hat man, um diese Bedingung zu erfüllen, abwechselnd die Platten dem Jod, oder dem dasselbe vertretende Mittel und der beschleunigenden Substanz auszusetzen, und diesen Wechsel um so öfter eintreten zu lassen, je dicker die empfindliche Schicht werden soll; jedoch dürfte ein zweimaliger Wechsel hinreichend seyn.

Kasan, im December 1844.

III. *Ueber die Natur des Ozons; von C. F. Schönbein.*

Mir vorbehaltend später einläſslichere Mittheilungen über den erwähnten Gegenstand zu machen, will ich für jetzt nur in summarischer Weise der Ergebnisse meiner neuesten Versuche erwähnen, die in der Absicht angestellt wurden, über die chemische Natur des Ozons Aufschluſs zu erhalten. Bekanntlich hat diese gasförmige Materie

mit dem Chlor eine Anzahl von Eigenschaften gemein: im möglichst concentrirten Zustande ähnelt der Geruch des Ozons demjenigen des Chlors; das Ozon besitzt, wie das Chlor, das Vermögen, Platin und Gold negativ zu polarisiren in einem ausgezeichneten Grade; das Ozon zerstört mit grofser Energie alle Pflanzenfarben; eingeathmet, veranlafst es katarrhalische Affectionen; es zersetzt Jodkalium, Jodwasserstoff und Bromkalium unter Ausscheidung von Jod und Brom; es wird von allen oxydirbareren Metallen, das Silber nicht ausgenommen, schon bei gewöhnlicher Temperatur verschluckt; es zerstört den Schwefelwasserstoff und Selenwasserstoff augenblicklich, und wirkt, wie das Chlor; sehr rasch auf eine Anzahl von Schwefelmetallen ein, so z. B. wird ein Papierstreifen mit kohlensaurem Bleioxyd und Schwefelwasserstoff braunschwarz gefärbt, sehr bald weifs, wenn man ihn in möglichst stark ozonisirte Luft hängt. Da diese und andere Reactionen des Ozons so sehr denjenigen gleichen, welche das Chlor veranlafst, so war ich geneigt, jenes riechende Princip für eine diesem Salzbildner analoge Materie zu halten; und da das Ozon bei den in der Atmosphäre stattfindenden elektrischen Entladungen, bei der Zersetzung des lufthaltigen Wassers und bei der Einwirkung des Phosphors auf ein Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff zum Vorschein kommt, so suchte ich mir das Auftreten dieser merkwürdigen Substanz durch die Annahme zu erklären, dafs der Stickstoff der Träger des Ozons sey, und dieses einen Bestandtheil von jenem ausmache. So lange aber der riechende Körper nicht isolirt war, konnte natürlich nichts Sicheres über dessen chemische Natur und Beziehung zum Stickstoff gesagt werden; seit geraumer Zeit ging daher mein Bestreben darauf hin, das Ozon zu isoliren. Zu diesem Behufe wurden alle möglichen Abscheidungsmethoden versucht, eine grofse Anzahl mühsamer und zeitraubender Versuche angestellt; aber alle diese Bemühun-

gen waren vergeblich, und es bestanden die erhaltenen Ergebnisse immer nur in Oxydationswirkungen. So z. B. wurde Jod in Jodsäure, Jodkalium in jodsaures Kali, schweflige Säure in Schwefelsäure u. s. w. verwandelt. Dieser Umstand bestimmte mich, das Studium der Bedingungen wieder aufzunehmen, welche für die Erzeugung des Ozons unerläſslich nothwendig sind, und auf diesem Wege gelangte ich endlich zu Ergebnissen, welche mir die räthselhafte Natur zu enthüllen scheinen, und von denen sofort die Rede seyn soll.

Als ich das Ozon vor fünf Jahren bei der Volta'schen Zersetzung des Wassers erhielt, war mein erster Gedanke, daſs das riehende Princip eine höhere Oxydationsstufe des Wasserstoffs seyn und auf einem secundären Wege an der positiven Elektrode entstehen möchte. Aus mehreren Gründen, die ich öffentlich ausgesprochen, verlieſs ich aber bald diese Ansicht, und glaubte, hauptsächlich der vielen Aehnlichkeit halber, die das Ozon mit dem Chlor zeigt, beide Körper ihrer chemischen Natur nach für nahe verwandt halten zu dürfen. Meine allererste Ansicht wieder aufnehmend, untersuchte ich zunächst die Rolle, welche das Wasser bei der chemischen Erzeugung des Ozons spiele, und gelangte zu folgenden Resultaten. Wird Phosphor in eine mit atmosphärischer Luft gefüllte Flasche gebracht, deren Boden mit 28° bis 30° warmem Wasser bedeckt ist, und läſst man schnell hinter einander durch eine geeignete Bewegung der Flasche den Phosphor abwechselnd vom Wasser umspülen und in Berührung mit der Luft treten, oder läſst man den Phosphor zum Theil über das erwärmte Wasser ragen, so steigt unter diesen Umständen sofort eine Rauchsäule vom Phosphor auf, und erzeugt sich Ozon in so rascher Weise, wie dieſs auf keinem anderen Wege geschieht; denn in wenigen Minuten schon bringt die Atmosphäre der Flasche die stärksten, dem Ozon angehörigen Wirkungen hervor. Im Vorbeigehen

möchte ich hier auf einen merkwürdigen Umstand aufmerksam machen, den ich an einem anderen Orte genauer würdigen werde, auf die Thatsache nämlich, dafs im Augenblicke, wo bei dem eben angeführten Versuche der Phosphor aus dem Wasser tritt, er sofort äufserst stark, und zwar nur an seiner Oberfläche leuchtet, obwohl derselbe noch mit einer Wasserhülle umgeben und dadurch aufser unmittelbarer Berührung mit der Luft gesetzt ist. — Läfst man in unserem Versuche das Wasser weg, alle übrigen Umstände aber gleich, so erzeugt sich zwar auch Ozon, aber in ungleich geringerer Menge, und es ist auch, was bemerkt zu werden verdient, das Leuchten des Phosphors bei weitem nicht mehr so lebhaft, als es sich im ersteren Falle zeigt. Wird Phosphor in atmosphärische Luft gebracht, die vorher mit concentrirter Schwefelsäure geschüttelt worden, so leuchtet derselbe selbst bei einer Temperatur von 28° bis 30° nur äufserst schwach, und erzeugen sich auch keine Spuren von Ozon. Schon früher habe ich auf den innigen Zusammenhang hingewiesen, der zwischen dem Leuchten des Phosphors und der Erzeugung des Ozons besteht; wo jenes gar nicht stattfindet, da tritt auch kein Ozon auf, und dieses entbindet sich um so reichlicher, je lebhafter der Phosphor in atmosphärischer Luft leuchtet. Aus den angeführten Thatsachen erhellt, dafs die Anwesenheit des Wassers in der Luft die Bildung des Ozons aufserordentlich begünstigt, und es fragt sich nun, ob diefs auf eine unmittelbare oder mittelbare Weise geschehe; dadurch z. B. dafs das vorhandene Wasser die sich bildende sogenannte phosphatische Säure vom Phosphor entferne und diesen Körper in unmittelbarer Berührung mit der Luft erhalte. Um diese Frage zu beantworten, wurde eine künstliche Atmosphäre bereitet, aus vier Raumtheilen Kohlensäure und einem Raumtheil Sauerstoffgas bestehend. In dieses Luftgemenge brachte ich 28° bis 30° warmes Wasser und Phosphor, und ver-

fuhr, wie in dem vorhin erwähnten, mit atmosphärischer Luft angestellten Versuche. Die hiebei erhaltenen Resultate fielen ganz so aus, wie in einem Gemenge von Sauerstoff- und Stickgas, d. h. es fand unter diesen Umständen eine sehr lebhafte Entwicklung des Ozons statt, wie auch der Phosphor im Dunkeln stark leuchtete. Je mehr nun die fragliche Atmosphäre ausgetrocknet wurde, um so langsamer wurde auch die Ozonbildung und um so schwächer das Leuchten des Phosphors. Das bei dem letzt beschriebenen Versuch in Anwendung gebrachte Sauerstoff- und Kohlensäuregas war zwar mit Sorgfalt bereitet, Spuren von Stickstoff könnten sie jedoch möglicherweise noch enthalten haben, und man möchte daher vielleicht geneigt seyn, das entstandene Ozon diesem Stickstoff zuzuschreiben. Der Umstand jedoch, dafs die Ozonentwicklung in der Sauerstoffkohlensäure-Atmosphäre eben so lebhaft stattfand, als in atmosphärischer Luft, läfst es kaum zu, eine solche Ansicht zu hegen; denn wenn der Stickstoff wirklich für die Erzeugung des Ozons unentbehrlich seyn sollte, so müfste dieselbe in besagter künstlicher Atmosphäre unendlich schwächer ausgefallen seyn, als in einem Luftgemenge, das aus vier Raumtheilen Stickstoff und einem Raumtheil Sauerstoff besteht. Es wird daher aus diesen Versuchen im hohen Grade wahrscheinlich, dafs wohl das Wasser eine unmittelbare Rolle bei der Erzeugung des Ozons spielt, nicht aber der Stickstoff.

Schon vor fünf Jahren theilte ich die Beobachtung mit, dafs an erhitzten Spitzen, aus welchen gewöhnlich Elektricität strömt, der sogenannte elektrische Geruch sich nicht entbindet, dieser aber wieder eintritt, sobald diese Spitzen wieder bis zu einem gewissen Grade sich abgekühlt haben. Zu gleicher Zeit ermittelte ich auch die interessante Thatsache, dafs aus erhitztem Wasser der Volta'sche Strom kein Ozon an der positiven Elektrode zu entbinden vermöge. Eben so fand ich, dafs

erhitzte Platin- oder Goldstreifen weder vor dem elektrischen Büschel noch in ozonhaltigem Sauerstoff sich negativ polarisirten, dafs dieselben aber sofort negative Polarität annahmen, sobald sie sich wieder bis auf einen gewissen Grad erkältet hatten. Nun die Vermuthung wieder aufnehmend: es könnte das Ozon doch eine höhere Oxydationsstufe des Wasserstoffs seyn, und deshalb möglicherweise mit Hülfe der Wärme sich in Sauerstoff und Wasser zersetzen lassen, stellte ich folgende Versuche an:

In einer geräumigen Flasche wurde auf die bekannte chemische Weise Ozon so reichlich als möglich entbunden, und die geeignete Vorrichtung getroffen, die mit Ozon beladene Atmosphäre des Gefäfses durch eine enge Glasröhre ziemlich langsam in die Luft ausströmen lassen zu können. So lange nun die besagte Röhre nicht erwärmt war, zeigte die durch sie strömende Luft einen Geruch, durchaus nicht unterscheidbar von demjenigen, der in der Nähe elektrischer Ausströmungsspitzen bemerkt wird; auch veranlafste diese Luft alle die chemischen und Volta'schen Reactionen, welche dem chemischen und Volta'schen Ozon, wie auch der Atmosphäre elektrischer Ausströmungsspitzen eigen sind. Diese Luft polarisirte Platin negativ, zerstörte Pflanzenfarben, bläute den Jodkaliumkleister u. s. w. Erhitzte man aber eine etwa einen Zoll lange Stelle der besagten Röhre bis auf einen gewissen Grad (mit Hülfe einer Weingeistlampe), so verschwand auf einmal der eigenthümliche Geruch ganz und gar, und mit ihm verlor auch die ausströmende Luft das Vermögen, die erwähnten chemischen und Volta'schen Wirkungen hervorzubringen; es schien das Ozon spurlos verschwunden zu seyn. Liefse man die Röhre wieder sich abkühlen, so erlangte die ausströmende Luft auch wieder alle ihre früheren Eigenschaften, gerade so, wie die elektrische Atmosphäre wieder ihren Geruch und chemische wie Volta'sche Wirksamkeit erhält nach statt-

gefundener Abkühlung der Ausströmungsspitzen. Die vollkommene Gleichheit des Einflusses, den die Wärme auf das chemische, Volta'sche und elektrische Ozon ausübt, dürfte, beiläufig bemerkt, als ein weiterer Beweis für die chemische Einerleiheit dieser drei riechenden Materien angesehen werden.

Vor wenigen Tagen theilte mir mein Freund, Hr. Marignac aus Genf, die Resultate seiner Versuche mit, welche dieser geschickte Chemiker in der Absicht anstellte, das Ozon zu isoliren und die Natur dieses Körpers zu ermitteln. Dieselben sind so interessant und für die Beantwortung der vorliegenden Frage so wichtig; auch stehen sie zu gleicher Zeit so sehr im Einklang mit den von mir selbst erhaltenen und weiter oben besprochenen Ergebnissen, dafs ich nicht umhin kann sie hier mitzutheilen.

Gemeinschaftlich mit Hrn. de la Rive unterwarf Herr Marignac chemisch reines, mit chemisch reiner Schwefelsäure versetztes und von atmosphärischer Luft mit gröfster Sorgfalt befreites Wasser der Einwirkung eines Volta'schen Stromes, und es fanden die genannten Naturforscher, dafs die Entwicklung des Ozons am positiven Pole für unbestimmte Zeit und mit ungeschwächter Lebhaftigkeit fortdauerte, falls nämlich die Stromstärke sich gleich blieb und die Zersetzungsflüssigkeit möglichst kalt gehalten wurde. Mit grofsen Mengen ozonisirter Luft arbeitend, liefs Hr. Marignac dieselben auf höchst fein zertheiltes Silber (durch Erhitzung des essigsauren Silbers erhalten) wirken, das die Eigenschaft besitzt, das Ozon mit grofser Leichtigkeit zu verschlucken. In der Verbindung nun, die unter diesen Umständen sich bildet, vermochte der Genfer Chemiker nichts anderes zu finden als Silberoxyd. Wurde Jodkaliumlösung der Einwirkung des Ozons so lange unterworfen, bis jene gänzlich zersetzt, d. h. aus derselben alles Jodkalium verschwunden war, so traf Hr. Marignac blofs jodsaures

Kali und Spuren von kohlensaurem Kali in dem Rückstande an. Da dessen Versuche, das Ozon zu isoliren, eben so vergeblich waren, wie die meinigen, so fand er sich ebenfalls veranlafst, die Umstände kennen zu lernen, unter welchen sich das Ozon auf chemischem Wege bilde. Zu diesem Behufe brachte er Phosphor in Atmosphären von Sauerstoff- und Kohlensäuregas, von Sauerstoff- und Wasserstoffgas, und er erhielt unter diesen Umständen immer Ozon, und in besonders reichlicher Menge in dem letzt erwähnten Luftgemenge. Sauerstoff für sich allein angewendet, oder Stickstoff, oder Wasserstoff, oder Kohlensäuregas lieferten, in Bezug auf Ozonerzeugung immer negative Resultate.

Stellt man nun die von den Genfer Gelehrten erhaltenen Resultate mit denjenigen zusammen, die ich weiter oben mitgetheilt habe, so sieht man leicht ein, dafs sie sich gegenseitig ergänzen und bestätigen. Es scheinen dieselben aber auch zu dem Schlusse zu berechtigen, dafs der Stickstoff keine wesentliche Bedingung für die Erzeugung des Ozons sey, dafs derselbe folglich auch das Ozon nicht als Bestandtheil enthalte, und somit die von mir in der letzten Zeit über die Natur des Stickstoffs aufgestellte Hypothese, als mit den neu ermittelten Thatsachen nicht in Uebereinstimmung stehend, nicht länger festgehalten werden dürfe.

Sowohl die genfer, als meine eigenen Erfahrungen scheinen mir auch den Schlüssel zur Lösung des Räthsels über die Natur des Ozons zu enthalten, indem dieselben durch die Annahme begreiflich werden: es sey letzteres in der That nichts anderes, als eine höhere Oxydationsstufe des Wasserstoffs, welche sich bilde, wenn Sauerstoff und Wasser unter geeigneten Umständen zusammentreffen. Nach dieser Ansicht sieht man leicht ein, wie bei der Elektrolyse des Wassers Ozon entsteht: ein Theil des am positiven Pole ausgeschiedenen Sauerstoffs verbindet sich bei niedrigeren Temperaturen mit dort be-

findlichem Wasser in ähnlicher Weise, wie sich Sauerstoff mit Bleioxyd vereinigt, wenn ein Volta'scher Strom durch die wäſsrige Lösung eines Bleisalzes geführt wird, oder wie eine höhere Chlorstufe am positiven Pole entsteht, falls z. B. der Strom durch Zinnchlorür geht. Da nun diese höhere Oxydationsstufe des Wasserstoffs in Wasser so zu sagen unlöslich ist, so muſs sie sich mit dem freien Sauerstoff vermengen und diesem den eigenthümlichen Geruch ertheilen. In sofern aber nach den oben angeführten Versuchen das Ozon schon bei mäſsigen Hitzgraden zerstört oder zersetzt wird, so begreift sich hieraus leicht die Thatsache, daſs der Strom aus erhitztem Wasser kein Ozon zu entbinden vermag. Wie die gewöhnliche Elektricität und der Phosphor auf den Sauerstoff und das Wasser einwirken, und diese Materien zur Vereinigung bestimmen, wird freilich aus obigen Versuchen noch nicht begreiflich, und wir müssen einstweilen diesen von der Elektricität und dem Phosphor ausgeübten Einfluſs einen katalytischen nennen. Eben so ist es noch vollkommen dunkel, warum der Phosphor seinen eigenthümlichen Einfluſs auf Wasser und Sauerstoffgas nicht äuſsert, falls dieses einen gewissen Grad von Dichtigkeit hat, oder warum dasselbe mit Stickgas, Wasserstoffgas oder Kohlensäuregas gemengt seyn muſs, um sich mit dem Wasser zu Ozon zu vereinigen.

Aus der Annahme, daſs das Ozon eine höhere Oxydationsstufe des Wasserstoffs sey, wird ferner die Thatsache des starken Leuchtens und der raschen Oxydation des Phosphors in wasserhaltiger Luft begreiflich, ein Phänomen, über welches man so lange im Unklaren war. Dasselbe ist allerdings vorzugsweise der Ozonisation des Phosphors zuzuschreiben, wie ich mich in meinem Werkchen über das Ozon ausgedrückt habe; es muſs aber jetzt dieser Ausdruck so verstanden werden, daſs man das Leuchten des Phosphors vielmehr der Oxydation des

Phosphors beizumessen habe, welche der im Ozon gebundene Sauerstoff verursacht, als der Oxydation des Phosphors, bewerkstelligt durch den freien Sauerstoff der Atmosphäre. Nach dieser Ansicht würde also unter dem Einflufs des Phosphors ein Theil des atmosphärischen Sauerstoffs mit Wasser zu Ozon sich verbinden, und jener Sauerstoff nachher auf den Phosphor übergetragen werden. Da erfahrungsgemäfs das Ozon als ein äufserst kräftiges Oxydationsmittel sich verhält, so dafs es z. B. das Jod in Jodsäure und das Silber in Oxyd schon bei gewöhnlicher Temperatur umwandelt, so ist es höchst wahrscheinlich, dafs die Phosphorsäure, welche bereits im ersten Moment des Leuchtens des Phosphors in feuchter atmosphärischer Luft auftritt, ihre Entstehung der Einwirkung des Ozons auf den Phosphor, und nicht dem freien atmosphärischen Sauerstoff verdanke, während letzterer die phosphorichte Säure erzeugen dürfte. Das gleichzeitige Auftreten beider Säuren weist, nach meiner Ansicht, wie ich diefs schon anderwärts bemerkt habe, auf eine verschiedene Erzeugungsweise derselben hin.

Dafs auch die anderen von mir beschriebenen Reactionen des Ozons in der eben entwickelten Ansicht ihre Erklärung finden, ist unschwer einzusehen, und ich will daher für jetzt nicht in weitere Erörterungen über diesen Gegenstand eintreten.

Natürlich erhebt sich nun die Frage: ob das Ozon ident mit dem von Thenard entdeckten Wasserstoffsuperoxyd sey. Folgende Gründe scheinen gegen die Einerleiheit dieser Materien zu sprechen. Das Wasserstoffsuperoxyd ist nach Angabe der Chemiker geruchlos, löst sich in allen Verhältnissen im Wasser auf, polarisirt, nach Becquerel's und meinen eigenen Beobachtungen, das Platin positiv, während andererseits das Ozon sich durch einen durchdringenden und höchst eigenthümlichen Geruch auszeichnet, sich kaum spurenweise im Wasser löst und ein starkes negatives Polarisationsver-

mögen besitzt. Angeführt verdient auch noch der Umstand zu werden, daſs das fragliche Superoxyd durch Silber zwar auch desoxydirt wird, ohne daſs sich aber hiebei das Metall selbst oxydirte, während das Silber durch das Ozon sich in Oxyd verwandeln läſst.

Wenn nun das Ozon unter dem Einfluſs der Elektricität sich in der atmosphärischen Luft erzeugt, so muſs in dieser, da darin fortwährend elektrische Entladungen stattfinden, auch Ozon enthalten seyn. Die von mir schon lange und oft beobachtete Thatsache, daſs in freier Luft feuchter Jodkaliumkleister ziemlich rasch sich bläut, daſs in Jodkalium, ebenfalls der freien Luft ausgesetzt, etwas jodsaures Kali sich bildet unter Ausscheidung von Jodspuren, diese Erscheinungen nicht in eingeschlossener Luft stattfinden, das Ozon aber diese Reactionen veranlaſst; diese Thatsachen, sage ich, werden leicht erklärlich durch die Annahme: es sey in der atmosphärischen Luft freies Ozon vorhanden. Merkwürdig ist auch noch der Umstand, daſs zu verschiedenen Zeiten die freie Luft ungleich stark verändernd auf den besagten Kleister einwirkt. Darf man aber annehmen, daſs die Luft fortwährend mehr oder weniger Ozon enthalte, so kann es kaum fehlen, daſs viele langsame Oxydationswirkungen, die in der atmosphärischen Luft stattfinden, durch jene Materie bewerkstelligt werden. Auch dürfte das Bleichen mit der Anwesenheit des Ozons in der Atmosphäre im Zusammenhange stehen, und vielleicht auch einige physiologische Erscheinungen von diesem Umstande bedingt seyn.

Interessant könnte das Ozon durch die Beziehungen werden, in welchen dasselbe zum Chlor und zum Brom steht; denn wie groſs auch noch die zwischen diesen Körpern bestehende Verschiedenheit erscheinen mag, wenn man sie vom jetzigen theoretischen Standpunkte aus betrachtet, so zeigen sie doch in vielen Beziehungen eine so groſse Ueberstimmung, daſs man kaum umhin kann, sie

als unter einander sehr nahe verwandte Materien zu betrachten. Die alte, von Berzelius so lange vertheidigte Ansicht über die Sauerstoffhaltigkeit des Chlors könnte daher wohl wieder Gegenstand der Betrachtung werden.

Um schliefslich noch einige Worte über die Isolirung des Ozons zu sagen, so dürfte dieselbe weniger durch chemische als physikalische Mittel bewerkstelligt werden können. Sollte nämlich das Ozon schon bei mäfsigen Kältegraden flüssig oder gar fest seyn, so müfste sich dasselbe absetzen, wenn man grofse Mengen ozonisirter Luft durch erkältete Röhren strömen liefse.

Basel, am grünen Donnerstag 1845.

IV. *Neue Methode zur Bestimmung des Brechungsverhältnisses durchsichtiger Körper durch weifs's farbloses Licht, ohne Hülfe des Prismas; von Dr. G. Sabler.*

(*Bullet. phys. math. de l'acad de St. Petersbourg*, *T. III p.* 232.)

Es ist bekannt, dafs das Brechungsvermögen durchsichtiger Körper nicht nur dem Optiker ein wichtiges und unentbehrliches Element, sondern auch dem Physiker, Chemiker und Mineralogen als charakteristisches Kennzeichen der zu untersuchenden Stoffe von grofsem Interesse ist. Aus diesem Grunde ist für die genannten Naturforscher auch die Bestimmung des Brechungsverhältnisses ein so häufig vorkommendes Geschäft, dafs es nicht überflüssig erscheinen wird, wenn ich zu den bekannten Methoden der Bestimmung desselben noch eine neue hinzufüge, die sich nicht nur durch Genauigkeit und practische Leichtigkeit der Ausführung, sondern auch aufserdem

dem durch einen Vortheil auszeichnet, der den früher gebräuchlichen Methoden nicht eigen ist, worauf die Ueberschrift dieses Aufsatzes hindeutet.

Es kommt nämlich in den meisten Fällen auf die Bestimmung des *mittleren Brechungsverhältnisses* an. So ist, um einen hierher gehörigen wichtigen Fall aus der Dioptrik anzuführen, die Kenntnifs des mittleren Brechungsverhältnisses der zu verwendenden Gläser bei der Berechnung achromatischer Objective für die Correction der sphärischen Abweichung unumgänglich nöthig. Das beste der bisher gebrauchten Mittel zu dieser Bestimmung bleibt immer das Prisma. Da durch dasselbe der Lichtstrahl aber nicht nur gebrochen, sondern auch in Farben zerlegt wird, so entsteht die Frage, welchen von den zerlegten Strahlen wir als den von mittlerer Brechbarkeit ansehen sollen. Müssen wir uns an die Mitte des an seinen Gränzen immer so unbestimmten Spectrums halten, oder sollen wir die Stelle der gröfsten Intensität vorzugsweise berücksichtigen, welche Stelle aber auch, da die Intensitätscurve bei ihrem Maximum keine scharfe Wendung, und aufserdem in verschiedenen Stoffen eine verschiedene Form hat, einigermafsen unbestimmt bleibt. Zwar ist durch Fraunhofer's grofse Entdeckung der festen Linien im Spectrum die Bestimmung der Brechbarkeit dieser Linien einer aufserordentlichen Genauigkeit fähig geworden, aber dennoch dadurch für die Kenntnifs des mittleren Brechungsverhältnisses wenig gewonnen. Man begnügt sich gewöhnlich damit, beim Prisma eine gewisse mittlere Farbe, z. B. das Grün, als die der mittleren Brechbarkeit anzunehmen, welche Annahme aber, wie ich aus eigener Erfahrung weifs, immer noch eine bedeutende Unbestimmtheit und Unsicherheit in den erhaltenen Resultaten zurückläfst.

Könnten wir uns ein einfaches Prisma denken, dafs den weifsen Lichtstrahl blofs bräche, ohne ihn in Farben zu spalten, so würden wir durch dasselbe das mitt-

lere Brechungsvermögen des Stoffes, woraus das Prisma besteht, worauf es uns ankommt, mit aller Schärfe erhalten. Mit welcher Genauigkeit läfst sich z. B. nicht in einem achromatischen Doppelprisma die Ablenkung des Lichtstrahls beobachten! Ein solches einfaches Prisma ist freilich undenkbar; es giebt aber ein anderes Phänomen der Brechung, wobei zwar auch eine Zerlegung stattfindet, die aber auf die Beobachtung von unmerklichem Einflufs ist, und das dennoch in seinem Resultate beträchtlich genug ist, um uns das gewünschte mittlere Brechungsverhältnifs mit grofser Genauigkeit zu geben. Es ist die Brechung durch parallele Flächen. (Fig. 16 Taf. V.)

Denken wir uns von den Endpunkten eines Gegenstandes AB divergirende Lichtstrahlen BC, BD und AC, AD ausfahrend, welche, von der Linse CD (die auch das Auge repräsentiren kann) aufgefangen, ein verkehrtes Bild des Gegenstandes ab formiren. Setzen wir alsdann den durchsichtigen Körper EF mit parallelen Flächen zwischen den Gegenstand und die Linse, so werden die senkrechten Strahlen BC, AD ungebrochen durchgehen; BD und AC aber in G nach K gebrochen, treten parallel mit ihrer ursprünglichen Richtung heraus, und beschreiben die Wege KD', KC'. Die Spitzen der Strahlenkegel fallen nun nach B', A', und der Gegenstand AB hat daher durch das Zwischensetzen des Körpers EF eine scheinbare Verrückung $BB' = AA'$ erfahren. Soll jetzt das Bild ab in derselben Gröfse und Distanz von der Linse als früher erscheinen, so mufs letztere offenbar um dieselbe Quantität $CC' = AA' = GL$ verrückt werden, wodurch das neue Bild $a'b'$ entsteht [1]). Die Gröfse dieser Verrückung CC', die

1) Der einfacheren Betrachtung wegen habe ich hier den Lichtstrahl von G nach K unzerlegt gebrochen angenommen; allerdings findet hiebei nun zwar auch eine Zerlegung statt, die gefärbten Strahlen treten bei K parallel mit der ursprünglichen Richtung heraus, und es entstehen eine Menge kleiner hinter einander liegender gefärbter

wir mit a bezeichnen wollen, hängt ab von der Dicke des durchsichtigen Körpers $GH = \beta$ und von seinem Brechungsvermögen $= \mu$, und es findet zwischen diesen drei Gröfsen folgende einfache Relation statt:

$$\mu = \frac{\beta}{\beta - \alpha}.$$

Nennen wir, um dieses zu beweisen, den Einfallswinkel $MGH = \varepsilon$, den Brechungswinkel $KGH = \varrho$, so haben wir.

$$HM : HK = HG : HL = \beta : (\beta - \alpha) = tang\,\varepsilon : tang\,\varrho.$$

Aber:

$$sin\,\varepsilon = \mu\,sin\,\varrho,$$

daher:

$$tang\,\varepsilon = \frac{\mu\,sin\,\varrho}{cos\,\varepsilon}\ ;\ \text{und}\ \ tang\,\varrho = \frac{sin\,\varepsilon}{\mu\,cos\,\varrho}.$$

Also:

$$\frac{\beta}{\beta - \alpha} = \frac{\mu^2\,sin\,\varrho . cos\,\varrho}{sin\,\varepsilon . cos\,\varepsilon}.$$

Substituirt man in diesem Ausdruck für $sin\,\varepsilon$ seinen Werth $= \mu\,sin\,\varrho$, so erhält man:

$$\frac{\beta}{\beta - \alpha} = \mu . \frac{cos\,\varrho}{cos\,\varepsilon}$$

und:

$$\mu = \frac{\beta}{\beta - \alpha}\left(\frac{cos\,\varepsilon}{cos\,\varrho}\right).$$

Den Ausdruck in der Parenthese können wir aber unbedenklich $= 1$ setzen, denn der Einfallswinkel braucht in der Praxis nie gröfser als 1^0, und kann nach Belieben noch kleiner genommen werden. Alsdann differirt der Factor $\frac{cos\,\varepsilon}{cos\,\varrho}$ von der Einheit erst in der fünften Decimale, die wir beim Brechungsverhältnifs doch nie sicher angeben können. Für die Praxis genügt daher vollkommen die einfache Formel:

$$\mu = \frac{\beta}{\beta - \alpha}.$$

Bilder $a' b'$. Sie liegen aber so nahe hinter einander, dafs der Effect der einer einfachen Brechung ist, welche die mittlere aller Brechungen repräsentirt, worauf es uns ankommt.

Ich will jetzt die Anwendbarkeit dieser Methode zunächst für den am häufigsten vorkommenden Fall, bei Glasarten zeigen, obgleich ihrer Anwendung bei übrigen durchsichtigen Körpern, auch Flüssigkeiten und Luftarten nichts im Wege steht, wenn man sie nur in geeigneten Behältnissen, welche mit kleinen, sich gegenüberstehenden parallelen Glasscheibchen versehen sind, einschliefst. Es kommt also nur darauf an, die Gröfsen α und β mit Genauigkeit zu messen. Man übersieht sogleich, dafs die unvermeidlichen kleinen Fehler dieser Messungen einen desto geringeren Einflufs haben werden, je gröfser α und β selbst sind. Hat man daher eine Glasscheibe, deren Brechungsverhältnifs man bestimmen will, so ist es immer am vortheilhaftesten, an den schmalen Kanten derselben, zwei sich gegenüberstehende parallele Planflächen anzuschleifen, die übrigens nur einige Linien grofs zu seyn brauchen. Ja man pflegt ohnehin schon solche Facetten zum Behuf der Untersuchung der Reinheit und Wellenlosigkeit der Glasarten, die man zu guten achromatischen Objectiven verwenden will, an denselben anzuschleifen, und sie können so einen doppelten Zweck erfüllen. Hierzu kommt noch, dafs die optischen Künstler häufig nur eine einzige gröfsere gute Scheibe von den Glassorten, wie sie in den Verkauf kommen, besitzen, und diese nicht gerne durch die immer gefährliche Absprengung eines Stückes, um daraus ein Prisma zu formen, verderben und verkleinern werden. — Die Messung der Gröfse β, oder der Dicke des Glases von der Mitte der einen kleinen Planfläche bis zur andern, hat keine Schwierigkeit, und geschieht am besten mit Hülfe eines Tasterzirkels mit feinen Spitzen, und eines guten eingetheilten Maafsstabes. Zur Messung der Gröfse α bediene ich mich mit Vortheil eines Mikroskops, das keine zu kurze Sehweite haben darf. Ich finde hierzu am zweckmäfsigsten ein kleines achromatisches Objectiv von etwa 3 Zoll Brennweite, das 4 Lin.

Oeffnung haben kann, mit einem stark vergröfsernden astronomischen Ocular durch ein verschiebbares Auszugsrohr verbunden. Stellt man letzteres so, dafs das Objectiv vom Ocular 7,5 Zoll absteht, so beträgt die Sehweite des Mikroskops 5 Zoll, was für die meisten Messungen an Gläsern bis 5 Zoll Durchmesser passend ist. Hat man noch gröfsere Gläser zu messen, so kann man durch Verminderung der Länge des Mikroskops seine Sehweite verlängern. Es ist aber immer vortheilhaft, diese Sehweite so kurz als möglich zu machen, weil die Einstellung eine desto schärfere ist. Hat man sich nun ein solches Mikroskop vorgerichtet, so stelle man es horizontal gegen eine gut beleuchtete, senkrechte, weifse Fläche, auf der man ein kleines schwarzes Object, etwa 1 Lin. im Durchmesser oder kleiner gezeichnet. Man verstelle jetzt das Mikroskop, bis man den Gegenstand mit möglichster Deutlichkeit erblickt, und bemerke sich diese Stelle. Setzt man jetzt das zu untersuchende Glas zwischen das unverrückt stehende Object und das Mikroskop, so mufs man letzteres um die Quantität α von der Fläche entfernen, um den Gegenstand wieder deutlich zu sehen. Die Gröfse dieser Verschiebung α kann man auf der horizontalen Unterlage mit einem Zirkel messen, besser und genauer aber erhält man sie, wenn man das Mikroskop so einrichtet, dafs es sich durch eine Mikrometerschraube mit eingetheiltem Kopfe verschieben läfst, und den Linearwerth dieser Schraube, die keine zu feinen Gewinde haben mufs, bestimmt.

Ich habe nach dieser Methode das Brechungsverhältnifs für mehrere Glasscheiben von 1,5 bis 4 Zoll Durchmesser bestimmt, und sehr gut stimmende Resultate erhalten. Als Beispiel will ich hier die Messungen einer vierzolligen Kron- und Flintglasscheibe anführen:

1) Schweitzer Kronglas, schwach grünlich.
(Spec. Gewicht =2,476.)

	β.		α.		μ.
I. Messung	3,854	Zoll	1,302	Zoll	1,511
II. -	3,840	-	1,300	-	1,511
III. -	3,837	-	1,295	-	1,509
IV. -	3,845	-	1,300	-	1,51
V. -	3,835	-	1,295	-	1,509

Mittel $\mu = 1{,}51$
wahrscheinlicher Fehler $= 0{,}00$

Aus einem Stückchen desselben Glases hatte
früher ein Prisma gemacht, und fand das Brech
hältnifs für den gelbgrünen Strahl =1,5097.

2) Schweitzer Flintglas, weiß.
(Spec. Gewicht =3,497.)

	β.		α.		μ.
I. Messung	3,915	Zoll	1,475	Zoll	1,60
II. -	3,915	-	1,477	-	1,60
III. -	3,920	-	1,480	-	1,60
IV. -	3,915	-	1,475	-	1,60
V. -	3,920	-	1,475	-	1,60

Mittel $\mu = 1{,}60$
wahrscheinlicher Fehler $= 0{,}00$

Vermittelst eines Prisma von demselben Glase fand
Brechungsverhältnifs für den gelbgrünen Strahl =

Man sieht aus diesen Beispielen, wie genau
Brechungsverhältnisse so erhalten lassen. Ich gl
her, dafs diese Methode besonders practischen
willkommen seyn wird, da die Beobachtung un
nung hiebei so einfach ist, und man dazu nur
nes Fernrohr braucht, ohne weder der Bearbeit
Prismen, noch eines getheilten Kreises zu bedürfen
bei der Bestimmung des Zerstreuungsverhältnisses
den Glasarten, die man zu einem Objectiv ve

will, wird man, wie ich aus Erfahrung weifs, mit Prismen nur ein genähertes Resultat erhalten, und dieses immer viel sicherer durch das Object selbst bestimmen.

Zum Beschlufs mufs ich noch auf ein Paar Fehlerquellen aufmerksam machen, welche die nach dieser Methode erhaltenen Resultate etwas afficiren können, wenn nämlich die Bedingung der parallelen und planen Flächen nicht vollkommen erfüllt ist. Ein kleiner Fehler im Parallelismus hat zwar wenig zu bedeuten, und das Bild erleidet dadurch nur eine kleine seitliche Verstellung, während seine senkrechte Entfernung von der Ebene, worauf der Gegenstand gezeichnet ist, ungeändert bleibt; doch ist es immer gut, wenn man diesen Parallelismus so genau als möglich zu erreichen sucht, damit auch über die Dicke des Glases kein Zweifel übrig bleiben könne. Wichtiger dagegen ist ein Fehler in der Ebenheit der kleinen Flächen, weil dadurch das Bild in eine falsche Entfernung fällt. Auf folgende Art kann man indessen diesen Fehler, wenn er vorhanden ist, erkennen, und seinen Einflufs in Rechnung tragen.

Man nehme ein etwas gröfseres gutes Fernrohr etwa von 12 Zoll Brennweite mit keiner zu starken Vergröfserung zur Hand, und verdecke das Object, so dafs in der Mitte ein kleiner Kreis von 3 bis 4 Lin. frei bleibt. Darauf richte man es gegen ein weit entferntes Object und stelle das Ocular möglichst scharf ein. Hält man alsdann das zu untersuchende Glas mit seinen kleinen Parallelflächen vor das Objectiv und sieht wieder nach dem Gegenstande, so wird man diesen nur alsdann vollkommen deutlich erblicken, wenn die beiden kleinen Flächen vollkommen plan sind. Im entgegengesetzten Fall mufs man, um das deutlichste Bild zu erhalten, das Ocular etwas hineinschieben, wenn die Flächen eine kleine Convexität, oder herausziehen, wenn sie eine kleine Concavität haben. Mifst man diese Verschiebung $=a$ (positiv, wenn das Ocular hineingeschoben wurde) und die

Brennweite des Objectivs $=b$, und nennt man die Brennweite der Linse, welche durch die Sphäricität der beiden kleinen Flächen gebildet wird, $=x$, so ist:

$$x=\frac{b.(b-a)}{a}.$$

Es sey nun die Entfernung des Mittelpunkts des nach oben beschriebener Methode zu messenden Glases von dem kleinen Beobachtungsobjecte $=d$, so können wir uns, weil die Dicke des Glases β gegen x immer eine sehr kleine Gröfse ist, die Sache so denken, als ob zwischen dem Mikroskope und Objecte eine Linse von der Brennweite x stände, deren Wirkung eine scheinbare Versetzung des Objects in die Entfernung d' ist. Alsdann ist:

$$d'=\frac{xd}{x-d},$$

und die Correction, welche wegen der Sphäricität der kleinen Flächen an die gemessene Quantität α anzubringen ist, $=d'-d$.

Folgendes Beispiel wird die Sache erläutern:

Das oben erwähnte *Kronglas* wurde vor das Objectiv eines Fernrohrs von 11,9 Zoll Brennweite, das für ein entferntes Object eingestellt war, gehalten; es fand sich, dafs das Ocular alsdann etwas eingeschoben werden mufste, und zwar um 0,020 Zoll; also war $a=+0{,}02$; $b=11{,}9$; folglich:

$$x=\frac{11{,}9\times 11{,}88}{0{,}02}=7067{,}0 \text{ Zoll.}$$

Bei der Beobachtung des Brechungsverhältnisses betrug die Entfernung der Mitte des Glases vom Object sehr nahe 3 Zoll $=d$, also ist:

$$d'=\frac{7067{,}0\times 3{,}0}{7064{,}0}=3{,}0013 \text{ Zoll,}$$

und:

$$d'-d=+0{,}0013 \text{ Zoll.}$$

Bringt man diese Correction an die oben gegebene α an, so erhalten die dort gegebenen μ die entsprechende

Correction $= + 0{,}0008$, und das Brechungsverhältnifs des Glases wird $= 1{,}5115$.

Für das *Flintglas* fand sich $a = + 0{,}025$ Zoll; hieraus $x = 5652{,}5$ Zoll und endlich $d' = 3{,}0016$ Zoll; also beträgt die Correction der gegebenen $\alpha = + 0{,}0016$, und das Brechungsverhältnifs des Glases wird $= 1{,}6059$.

V. *Ueber Siedpunktsregelmäfsigkeiten; von H. Kopp.*

(Briefliche Mittheilung.)

Schröder hat einen Theil meiner Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen der chemischen Constitution und einigen physikalischen Eigenschaften bei flüssigen Verbindungen, welche in Liebig's und Wöhler's Annalen, Bd. 50 S. 71 ff., erschienen sind, einer Kritik unterworfen, welche in Ihren Annalen, Bd. 64 S. 96, abgedruckt ist. In der That weichen die Ansichten, welche in jener Abhandlung über die Siedpunktsregelmäfsigkeiten dargelegt sind, zum Theil von denen ab, welche Schröder über diesen Gegenstand geäufsert hat. Inwiefern die Auflösung der letzteren auf einer irrigen Meinung über die Genauigkeit von Siedpunktsbeobachtungen, und auf einer Vernachlässigung der Resultate, welche uns die Chemie als wohlbegründete zur Disposition stellt, beruhe, glaube ich in den »Bemerkungen über Siedpunktsregelmäfsigkeiten und daraus abgeleitete Folgerungen« gezeigt zu haben, welche Sie in den 63. Band, S. 283, Ihrer Annalen aufgenommen haben. Die erwähnte Kritik Schröder's scheint früher geschrieben zu seyn, als dafs meine eben angeführten Bemerkungen von ihm hätten berücksichtigt werden können, und was er dort gegen meine Betrachtungsweise geltend zu machen sucht, wird durch den Inhalt dieser Bemerkungen be-

reits widerlegt. Ich brauche also hier nur auf diese zu verweisen, will aber doch, da den Untersuchungen über Siedpunktsregelmäfsigkeiten jetzt viele Aufmerksamkeit geschenkt wird, etwas näher darauf eingehen, worin eigentlich der Grund liegt, weshalb bei einer, wie es mir scheint, so einfachen Sache Schröder und ich verschiedenartige Ansichten haben.

Ich habe im 63. Bd. Ihrer Ann., S. 285 f., nach bester Ueberzeugung mich darüber ausgesprochen, in wiefern Schröder's ganze Beobachtungsweise von der meinigen abweiche. Hier habe ich nur das hervorzuheben, dafs seine von den meinigen abweichenden Ansichten wesentlich damit zusammenhängen, dafs er alles vernachlässigt, was nicht mit seinen vorgefafsten Meinungen übereinstimmt, und dafs er die Schlufsfolgerungen aus seinen vorgefafsten Meinungen auch noch für wahr hält, wenn sie gleich *ad absurdum* führen.

Ich habe in dem 63. Bande, S. 301 f., Ihrer Annalen gezeigt, wie Schröder's Aussprüche über die Genauigkeit von Siedpunktsbeobachtungen darauf zu beruhen scheinen, dafs er die verschiedenen Angaben gleich guter Beobachter noch nicht hinlänglich berücksichtigt hat. Ich will diefs hier noch deutlicher darthun, und zwar in Beziehung auf den Gegenstand, welchen Schröder in seiner Kritik, Bd. 64 S. 96, Ihrer Annalen hauptsächlich behandelt hat.

Die erste Regelmäfsigkeit in den Siedpunkten, welche als der Ausgangspunkt für die Untersuchungen über die Gesetzmäfsigkeiten in dieser Eigenschaft anzusehen ist, bemerkte ich an analogen Verbindungen, deren atomistische Formeln sich immer um $C_2 H_4$ unterscheiden. Ich nahm wahr, dafs solche Verbindungen bei dieser Zusammensetzungsdifferenz eine constante Siedpunktsdifferenz zeigen, welche ich zuerst zu 18°, später, wie ich glaube richtiger, zu 19° bestimmte.

Die unmittelbaren Beobachtungen geben diese Dif-

ferenz nicht immer genau zu 19°, sondern mitunter mehrere Grade abweichend; fast alle geben sie zwischen 16° und 22°. Ich betrachte diese Abweichungen als auf Versuchsfehlern beruhend, und setze im Mittel 19°. Schröder hält diefs für »einen unstatthaften Gebrauch von Mittelzahlen«, und sucht darzuthun, dafs der Zusammensetzungsdifferenz C_2H_4 — da, wo ich annahm, ihr entspreche eine Siedpunktsdifferenz von 19° — manchmal eine Siedpunktsdifferenz von 16° (früher von 17°), manchmal eine Siedpunktsdifferenz von 21° entspreche. Was es mit dieser Ansicht für eine Bewandtnifs hat, habe ich in Ihren Annalen, Bd. 63 S. 296 bis 301, gezeigt; ich will hier nur die Beweisführung würdigen, welche Schröder dafür in derselben Zeitschrift, Bd. 64 S. 97 ff., gegeben hat.

Er sagt hier: »Vergleicht man die entsprechenden Verbindungen der Ameisensäure und Essigsäure, welche sich, ihrer Elementarzusammensetzung nach, um den Kohlenwasserstoff C_2H_4 unterscheiden, so findet man eine constante Siedpunktsdifferenz von 21°.«

Substanz.	Beobachtete Siedhitze.	Beobachtete Differenz.
Ameisensäurehydrat	99° Liebig 100 Bineau	20° bis 21°
Essigsäurehydrat	120 Liebig	
Ameisensaur. Methyloxyd	36° bis 38° Dum. u. Pélig.	20° bis 22°
Essigsaures Methyloxyd	58 Dumas und Péligot	
Ameisensaures Aethyloxyd	53° Liebig	21°
Essigsaures Aethyloxyd	74 Dumas und Boullay	

»Die Uebereinstimmung ist vollkommen. Nichts berechtigt zu der Annahme Kopp's, dafs die Siedhitzedifferenz dieser analogen Verbindungen jedesmal 19° sey.«

So Schröder; sehen wir zu, ob wirklich Nichts zu meiner Annahme berechtige. Mitscherlich, Thénard u. A. sind auch gute Beobachter.

Substanz.	Beobachteter Siedpunkt.	Beobachtete Differenzen.
Ameisensäurehydrat	99° Liebig	14, 15, 20, 21°
	100 Bineau	
Essigsäurehydrat	114 Mitscherlich	
	120 Liebig	
Ameisensaur. Methyloxyd	36° bis 38° Dum. u. Pélig.	20° bis 22°
Essigsaures Methyloxyd	58 Dumas und Péligot	
Ameisensaur. Aethyloxyd	53° Liebig	15, 18, 18, 21°
	56 Doebereiner	
Essigsaures Aethyloxyd	71 Thénard	
	74 Dumas und Boullay	

Ist man nicht zu der Annahme berechtigt, die Siedpunktsdifferenz, falls sie constant ist, $=19°$, innerhalb der Gränzen der Unsicherheit der Beobachtungen, zu setzen? Wäre es nicht ein leichtes, nur einige von diesen Beobachtungen hinzuschreiben, und zu sagen: Nichts berechtige zu der Annahme Schröder's, diese Differenz $=21°$ zu setzen?

Eben so wenig beweist die zweite Reihe von Beispielen, die Schröder, Bd. 64 S. 98 Ihrer Annalen, mittheilt, dafs die constante Siedpunktsdifferenz für die Zusammensetzungsdifferenz $C_2 H_4$ bei einigen anderen Körpern richtiger zu 21° zu setzen sey, als zu 19°; er hält hier überdiefs einige ausdrücklich als approximativ-gegebene Bestimmungen für genaue Angaben. Eben so wenig beweist die von ihm S. 100 a. a. O., dafs die entsprechenden Aethyl- und Methylverbindungen eine kleinere Siedpunktsdifferenz haben, als die entsprechenden Essigsäure- und Ameisensäureverbindungen. Schröder meint, die Siedpunktsdifferenz sey für die ersteren 17° oder genauer 16°, für die letzteren $=21°$; ich glaube, sie ist für beide gleich grofs, $=19°$. Von den Beispielen, welche Schröder zur Unterstützung seiner Ansicht hinsichtlich der Siedpunktsdifferenz für die Aethyl- und Methylverbindungen a. a. O. angeführt hat, passen fast eben so viele besser mit der meinigen, als mit der seinigen, und die Unhaltbarkeit der letzteren wird noch

deutlicher, wenn man die Abweichungen der einzelnen Beobachter unter sich berücksichtigt, wie ich diefs oben an Einem Beispiel ausführlicher gezeigt habe.

Was sind denn aber die Folgen, wenn man Schröder's Annahme adoptirt? Schröder selbst hat die Folgerungen sehr klar entwickelt, aber Andere beurtheilen sie vielleicht anders als er.

Das Ameisensäurehydrat, das Essigsäurehydrat, das Valeriansäurehydrat haben die Formeln

$$C_2H_4O_4 \;;\; C_4H_8O_4 \;;\; C_{12}H_{24}O_4;$$

diese empirischen Atomconstitutionen lassen sich ausdrükken durch

$$C_2H_4O_4 \;;\; C_2H_4O_4+1.(C_2H_4) \;;\; C_2H_4O_4+4.(C_2H_4).$$

Jeder Chemiker weifs, dafs diese drei Säuren in Eine Reihe gehören. Wenn dem so ist, so kann man vermuthen, dafs die Siedpunktsdifferenzen sich verhalten, wie die Zusammensetzungsdifferenzen. Der Siedpunkt des Ameisensäurehydrats ist nach Liebig 99°, der des Essigsäurehydrats nach Mitscherlich 114°, nach Liebig 120°, der des Valeriansäurehydrats nach Dumas 175°. Die Siedpunktsdifferenz zwischen $C_2H_4O_4$ und $C_2H_4O_4+4.(C_2H_4)$, für die Zusammensetzungsdifferenz $4.(C_2H_4)$, ist also 76°, die für C_2H_4 ist also 19°; der Siedpunkt von $C_2H_4O_4+1.(C_2H_4)$ wird also bei $99+19=118°$ seyn; die Beobachtungen bestätigen es.

Nach Schröder, Bd. 64 S. 104 Ihrer Annalen, soll das nicht wahr seyn. Nach ihm läfst sich in keinem Fall das Valeriansäurehydrat mit Ameisensäure- und Essigsäurehydrat in eine Reihe stellen, »wie Kopp es versucht hat« (die heutige Chemie hat mich dazu verleitet, und ich glaube sie hat Recht); denn der Siedpunkt von $C_2H_4O_4$ ist 99°, der von $C_2H_4O_4+1(C_2H_4)$ nach Liebig $120°=99+1.21$; der von $C_2H_4O_4+4(C_2H_4)$ müfste $99+4.21=183°$ seyn, er ist aber nur zu 175° bis 176° gefunden worden.

So meint Schröder a. a. O., indem er zu gleicher Zeit die Abweichungen der verschiedenen Beobachter unter sich vernachlässigt, die sichersten Resultate der organischen Chemie unberücksichtigt läfst, und den Fehler begeht, von kleinen Differenzen auf gröfsere zu schliefsen, was er für sicherer zu halten scheint, als wenn ein Anderer aus grofsen Differenzen auf kleine schliefst. Aber der letztere Weg ist der einzige, dem Einflufs der unvermeidlichen Beobachtungsfehler möglichst zu entgehen; der erstere der sicherste, den Einflufs jedes Beobachtungsfehlers möglichst zu vergröfsern. — Ich meine, aus Schröder's Raisonnement geht lediglich das hervor, dafs seine Annahme der fraglichen Siedpunktsdifferenz zu 21° falsch ist, aber in keinem Fall, dafs das Valeriansäurehydrat nicht mit dem Ameisensäure- und Essigsäurehydrat in Eine Reihe zu setzen sey.

Solche Consequenzen sind es aber, die Schröder's Ansicht mit sich bringt; auf andere habe ich schon früher (Bd. 63 S. 300 und 302 Ihrer Annalen) aufmerksam gemacht, dafs z. B. die Valeriansäure in ihrer Aethylverbindung nur isomer, nicht identisch mit der Säure in ihrem Hydrat seyn soll u. s. w., was jedoch selbst Schröder neuerdings (a. a. O. Bd. 64 S. 108 f.) nicht wahrscheinlich zu finden scheint. Im innigsten Zusammenhang mit Schröder's Ansicht über die vermeintliche Verschiedenheit der Siedpunktsdifferenz bei gleicher Zusammensetzungsdifferenz analoger Substanzen steht die Aufstellung jener Formeln über die rationelle Zusammensetzung der organischen Körper (Bd. 62 S. 184 ff. und 337 ff. Ihrer Annalen), welche die Chemiker beben gemacht haben. Von diesen Consequenzen kann man doch wahrlich nichts Anderes sagen, als dafs sie *ad absurdum* führen. Widerlegt diefs aber nicht ihre Basis, Schröder's Ansichten?

Haben diese Ansichten vielleicht unter dem Gesichtspunkt der Einfachheit Vortheile?

Ich glaube gezeigt zu haben, dafs sehr viele analoge Verbindungen von der Zusammensetzungsdifferenz $C_2 H_4$ die Siedpunktsdifferenz 19° haben. Wie ich meine, und wie Chemiker, welche die ausgezeichnetsten Autoritäten in dieser Sache sind, mir bestätigen, erklärt diese Eine Annahme die Beobachtungen so genügend, dafs Schröder's zwei Annahmen, 16° oder 17° und 21°, völlig unnöthig sind. (Den wahren Grund für diese Annahmen werden wir weiter unten kennen lernen.) Die entsprechenden Valeriansäuren und essigsauren Verbindungen haben eine Zusammensetzungsdifferenz von $3.(C_2 H_4)$; die Siedpunktsdifferenz wird $3.19 = 57°$ seyn. Diese Differenz ergeben in der That die Beobachtungen; Schröder führt an, S. 103 des 64. Bandes Ihrer Annalen, dafs die beobachtete Differenz 57° bis 58° sey; nach meiner Ansicht mufs sie 57° seyn, Schröder zieht es vor, 58° dafür zu nehmen.

Diese Siedpunktsdifferenz, 58°, besteht, nach Schröder, aus zwei Siedpunktsdifferenzen für $C_2 H_4$ à 21°, und Eine Siedpunktsdifferenz für $C_2 H_4$ à 16°.

Mehrere entsprechende Aethyl- und Amylverbindungen differiren gleichfalls in der Zusammensetzung um $3(C_2 H_4)$, und in den Siedpunkten gleichfalls so nahe um 57°, dafs man, wie Schröder, S. 105 des 64. Bandes Ihrer Annalen, zugiebt, verleitet werden kann, zu glauben, diese entsprechenden Aethyl- und Amylverbindungen haben dieselbe Siedpunktsdifferenz, wie die entsprechenden essigsauren und valeriansauren Verbindungen. In der That habe ich mich zu dieser Annahme verleiten lassen, weil sie die einfachste ist. Schröder aber läfst sich nicht verleiten; warum, werden wir gleich sehen. Er zieht es vor, anzunehmen, für diese Aethyl- und Amylverbindungen sey die Siedpunktsdifferenz 53°, und specificirt sie als entstanden aus zwei Siedpunktsdifferenzen für $C_2 H_4$ à 16°, und Eine Siedpunktsdifferenz für $C_2 H_4$ à 21°.

Man vergleiche nun damit die andere Ansicht, welche den Beobachtungen über diese Substanzen vollkommen Genüge thut: Der Zusammensetzungsdifferenz C_2H_4 entspricht bei analogen Körpern eine Siedpunktsdifferenz von 19°, der Zusammensetzungsdifferenz $3.(C_2H_4)$ eine Siedpunktsdifferenz von $3.19=57°$ u. s. f.

Warum aber häuft denn Schröder in der angegebenen Weise unnöthige Annahmen? warum will er, S. 97 ff. des 64. Bandes Ihrer Annalen, nachweisen, daſs der Zusammensetzungsdifferenz C_2H_4 verschiedene Siedpunktsdifferenzen, im Werthe von 16° oder 17° und 21°, angehören können? weshalb, S. 103 ff., daſs der Zusammensetzungsdifferenz $3.(C_2H_4)$ verschiedene Siedpunktsdifferenzen, im Werth von 53° und von 58°, angehören können? Behauptungen, über welche man erstaunen muſs, da er S. 112 selbst angiebt, er glaube nicht, daſs alle von ihm mitgetheilten Siedpunktsdifferenzen auf 1° oder 2° genau seyen (und die eben besprochenen scheinen mir, nach den oben angegebenen, doch gewiſs dahin zu gehören). Ich meine doch, man müsse diese Differenzen sicher auf 2° genau haben, ehe man beweisen kann, derselben Zusammensetzungsdifferenz können zwei Siedpunktsdifferenzen, im Werth von 16° oder 17° und von 21° (Zahlen, die nur um 4 verschieden sind), angehören.

Diese Behauptungen, dieses scheint mir auſser Zweifel, sind nicht die Früchte eines aufmerksamen und unbefangenen Studiums der Beobachtungen, sondern die einer vorgefaſsten Meinung.

Diese vorgefaſste Meinung ist, daſs die Siedhitze der organischen Verbindungen das wesentlichste Kennzeichen ihrer rationellen Constitution sey.

Diese vorgefaſste Meinung hat sich nicht zum besten bewährt; die Resultate, welche Schröder, nach ihr, über die näheren Bestandtheile der chemischen Verbindungen aufgestellt hat, beweisen dieſs klar.

Die-

Diese vorgefafste Meinung geht aus einem Schwanken zwischen den Extremen hervor. In der Wissenschaft ist es aber nie gut, aus einem Extrem in das andere zu fallen; die nüchterne Forschung leidet darunter.

Ich wies seit 1841 Regelmäfsigkeiten in den Siedpunkten organischer Verbindungen nach. Schröder war der einzige, welcher sie gegen das Ende des Jahrs 1843 bestritt, und behauptete, sie seyen in keinem einzigen Fall nachgewiesen. Das war eine sehr extreme Behauptung.

Wenige Monate später erkannte er das Statthaben solcher Regelmäfsigkeiten an, und behauptete jetzt, in ihnen sey das wesentlichste Hülfsmittel enthalten zur Erkenntnifs der näheren Bestandtheile (der rationellen Constitution) organischer Verbindungen. Das war wo möglich eine noch extremere Behauptung.

Diese Behauptung beruht auf gar nichts anderem als auf einer vorgefafsten Meinung. Sie beruht nicht auf einer theoretischen Betrachtung (man vergleiche Bd. 63 S. 305 f. Ihrer Annalen); sie ist auch nicht durch die Erfahrung gerechtfertigt, wie sich an den von Schröder veröffentlichten Resultaten deutlich zeigt.

Mit dieser, *a priori* unbegründeten und *a posteriori* ungerechtfertigten, vorgefafsten Meinung, dafs der Siedpunkt das wichtigste Kennzeichen der rationellen Constitution organischer Verbindungen sey, steht nun die Thatsache im Widerspruch, dafs Körper von gleicher empirischer, aber ungleicher rationeller Constitution gleiche Siedpunkte haben können.

Den Grundsätzen gemäfs, die Schröder'n in einem solchen Falle leiten, schliefst er — nicht, dafs seine vorgefafste Meinung irrig sey, sondern — dafs die Thatsache, die seiner vorgefafsten Meinung widerspricht, irrig sey. Er stellt die Behauptung auf: isomere Körper, die sich nur in ihrer rationellen Zusammensetzung unterscheiden, müssen jederzeit verschiedene Siedpunkte ha-

ben. Er glaubt diefs auch durch die Beobachtungen bestätigt zu finden, und bezieht sich im 64. Bande S. 101 Ihrer Annalen darauf, dafs Dumas und Péligot für das essigsaure Methyloxyd den Siedpunkt 58°, Liebig für das isomere ameisensaure Aethyloxyd den Siedpunkt 53° gefunden hat (er berücksichtigt nicht Döbereiner's Bestimmung, 56° für den letzteren Körper). Nach ihm »wird hiermit ersichtlich, dafs isomere Substanzen von gleicher Dampfdichte, wie ameisensaures Aethyloxyd und essigsaures Methyloxyd, wesentlich verschiedene Siedpunkte haben. Nach Kopp müfsten solche Substanzen gleiche Siedhitze haben.«

Schröder will wohl hiermit sagen, dafs die Beobachtungen meine Ansicht widerlegen. Aber Liebig, der eine der genannten Beobachter, meint, dafs die Beobachtungen meine Ansicht bestätigen, und Dumas, der andere Beobachter, hat sich gleichfalls (in seiner Philosophie der Chemie) bestimmt dahin erklärt, der Siedpunkt der beiden genannten Substanzen sey derselbe. Aber Schröder'n gilt seine vorgefafste Meinung sicher mehr, als dieses Zeugnifs, und er traut sich ein richtigeres Urtheil über die Beobachtungen eines Anderen zu, als diesem selbst. Nach dieser Methode zu theoretisiren, ist bequem, aber fruchtlos.

Da nun Schröder glaubt, metamere Substanzen müfsten ungleiche, wenn auch nur wenig verschiedene, Siedpunkte haben, so verleitet ihn diese vorgefafste Meinung zu der eben so consequenten als unrichtigen Ansicht: derselben Zusammensetzungsdifferenz können bei analogen Substanzen ungleiche, und zwar nur um sehr wenig verschiedene, Siedpunktsdifferenzen entsprechen. Das ist der wahre Grund, weshalb der Zusammensetzungsdifferenz C_2H_4, nach ihm, bald eine Siedpunktsdifferenz von 16° oder 17°, bald eine von 21° entsprechen soll, weshalb einer Zusammensetzungsdifferenz $3.(C_2H_4)$ bald eine Siedpunktsdifferenz von 53°, bald eine von 58° ent-

sprechen soll. Darüber, dafs die Verschiedenheit in diesen letzteren Annahmen lediglich seiner vorgefafsten Meinung ihre Entstehung verdankt, drückt er sich selbst, S. 105 des 64. Bandes Ihrer Annalen, recht offen aus.

So sehen wir denn als Grundlage dieser Behauptungen lediglich eine Verblendung durch eine vorgefafste Meinung. In dieser Verblendung wird alles geläugnet, was der vorgefafsten Meinung im Wege steht, und die Beobachtungen Anderer werden mit Zuversicht anders beurtheilt, als die competentesten Richter, die Beobachter selbst, es thun.

Ich glaube nicht, dafs ich zur Rechtfertigung meiner Ansichten noch etwas Weiteres dem hinzuzufügen habe, was ich in Liebig's und Wöhler's Annalen, Bd. 50 S. 128 ff., und in den Ihrigen, Bd. 63 S. 283 ff., gesagt habe. Die Ansicht, die ich dort unter andern entwickelte, dafs analoge Substanzen, welche in ihrer Zusammensetzung um $x.(C_2 H_4)$ verschieden sind, in der Regel um $x.19$ differirende Siedpunkte haben, bestätigen neuere Beobachtungen fortwährend. Das Ameisensäurehydrat, $C_2 H_4 O_4$, siedet bei 99°; für das Capronsäurehydrat, $C_2 H_4 O_4 + 5.(C_2 H_4)$, würde also der Siedpunkt $99 + 5.19 = 194°$, für das Caprylsäurehydrat, $C_2 H_4 O_4 + 7.(C_2 H_4)$, der Siedpunkt $99 + 7.19 = 232°$ zu erwarten seyn. Fehling hat für das erstere 202°, für das letztere 236° beobachtet. Das Anilin, $C_{12} H_{14} N_2$, siedet, nach Hofmann, bei 182°; analog ist ihm das Toluidin, $C_{14} H_{18} N_2$, für welches also der Siedpunkt $182 + 19 = 201°$ zu erwarten wäre. Hofmann und Muspratt haben 198° beobachtet. — Dafs Körper, welche nicht analog sind, für diese Zusammensetzungsdifferenz eine andere Siedpunktsdifferenz ergeben, dafs auch für analoge Körper manchmal die Beobachtungen nicht so mit der Annahme übereinstimmen, wie man es wohl erwarten sollte, ist gewifs. Aber die Zahl der genügenden Uebereinstimmungen scheint doch mit Sicherheit her-

auszustellen, was als Regel gelten kann, was als Ausnahme zu betrachten ist; und dafs die erstere, wenn sie klar erkannt werden kann, eher festzustellen sey, als man sich mit der letzteren beschäftigt, mufs wohl zugestanden werden. Will man aber damit anfangen, die Ausnahmen hervorzuheben, will man alle einzelnen Ausnahmen als Regeln der Hauptregel coordiniren, will man gar die letztere einer vorgefafsten Meinung zu Liebe läugnen, will man die Beobachtungen, immer dieser vorgefafsten Meinung zu Liebe, besser und anders beurtheilen, als die competenten Beobachter selbst, so kann aus allen diesen nur Confusion hervorgehen.

Schliefslich will ich nicht verhehlen, wie in einigen Beurtheilungen Schröder's (in der Abhandlung, Ihre Annalen, Bd. 62 S. 96) eine andere Auffassung von seiner Seite wünschenswerth wäre. Schröder bestreitet hier Ansichten von mir, die mir begründet scheinen, und solche, die ich selbst als unsichere hingestellt habe, in gleicher Weise, die letzteren für gleich sichere Behauptungen wie die ersteren ausgebend. So habe ich in Liebig's und Wöhler's Annalen, Bd. 50 S. 139, ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, dafs ich bei der Vergleichung der Siedpunkte neben die Körper, welche am sichersten eine bestimmte Gesetzmäfsigkeit nachweisen, auch solche gestellt habe, welche eigentlich nicht mit den vorhergehenden zusammengehören. Gerade die Körper, welche ich hier bezeichnet habe, und die ich nur mit dieser Verwahrung neben andere gestellt habe, trennt nun Schröder davon, S. 109 u. a. des 64. Bandes Ihrer Annalen, und sucht zu beweisen, dafs ich Unrecht gehabt habe, sie in dieselbe Categorie als jene zu stellen. Dafs diefs aber gar nicht in der Art geschehen ist, wie diefs seine Beurtheilung glauben machen soll, mufs Jeder wissen, der meine oben angeführte Abhandlung gelesen hat. Diese Art, auf einem indirecten Weg Mifstrauen gegen schwerer zu widerlegende Ansichten zu er-

wecken — indem man anders als eben so bestimmt Behauptetes angreift, was nur mit solchen Verwahrungen, wie die eben angezeigte, hingestellt wurde — habe ich schon früher, in meinen »Bemerkungen zur Volumtheorie« zurückzuweisen mich genöthigt gesehen; ich müfste es bedauern, wenn sie sich wiederholte.

VI. *Neue Untersuchungen über die Wärmestrahlung; von Hrn. M. Melloni.*

(Aus einem Briefe an Hrn. Arago. *Compt. rend. T. XX p.* 575.)

Seit einiger Zeit beschäftigt, die in Abhandlungen, Denkschriften und Handbüchern zerstreuten Angaben über die strahlende Wärme zu einem Lehrgebäude zusammenzustellen, habe ich mich mehr als einmal in der Nothwendigkeit befunden, neue Untersuchungen zu machen, um gewisse Lücken auszufüllen oder gewisse Erscheinungen aufzuhellen, die von den Verfassern als isolirte Thatsache ohne Bezugnahme auf die vorhandenen Theorien angeführt, oder auf eine, meiner Meinung nach, mit wohlerwiesenen Grundsätzen der Wissenschaft in Widerspruch stehende Weise erklärt werden. Ich will einige dieser Studien der Academie mittheilen, obwohl sie dazu noch eine weitere Ausarbeitung erfordert hätten.

Bekanntlich sind die Wärmemengen, die von verschiedenen Oberflächen unter gleichen Bedingungen der Gröfse und Temperatur ausgestrahlt werden, sehr ungleich; die Extreme genommen, strahlen gewisse Substanzen in der That sieben bis acht Mal stärker aus als andere, wenn man sie als dünne Blättchen auf gleiche Wände eines selben Gefäfses voll heifsen Wassers anbringt.

Diese sonderbare Eigenschaft der Körper findet sich in allen Lehrbüchern als eine, vollständig aller Theorie

entblöfsten Thatsache angegeben. Dennoch hatten wohl bekannte Versuche von Leslie und Rumford gezeigt, welchen Weg man verfolgen müsse, um zu einer rationellen Erklärung des Phänomens zu gelangen.

Rumford nahm zwei vollkommen gleiche Gefäfse von Kupfer, jedes mit einem Thermometer versehen; dem einen Gefäfs liefs er seinen Metallglanz, das andere überzog er auf seiner Oberfläche erstens mit einer, dann mit zwei und mit vier Schichten Firnifs. Darauf füllte er beide mit Wasser von 50° C., hing sie mitten im Zimmer frei auf, und beobachtete, in welcher Zeit ein jedes seine Temperatur um 10° senkte. Das nackte Gefäfs brauchte dazu immer 45 Minuten; allein bei dem andern geschah die Temperatursenkung desto schneller, je gröfser die Zahl der Firnifsschichten war, für eine Schicht in 31, für zwei in 25,5 und für vier in 20,75 Minuten. Da in den drei letzten Fällen die strahlende Oberfläche immer von gleicher Natur und Gröfse war, so schlofs Rumford, dafs die beobachteten Unterschiede nicht von der Luftberührung herkämen, sondern ganz nothwendig von einer Veränderung in der Stärke der Irradiation, die mit der Dicke des aufgetragenen Firnisses zunähme.

Um zu begreifen, wie eine Schicht von derselben Substanz, auf gleiche Temperatur erhöht, desto stärker ausstrahle, als sie dicker ist, mufs man nothwendig annehmen, dafs die Strahlen nicht blofs von der äufseren Oberfläche ausgehen, sondern auch von Punkten, die in einer gewissen Tiefe unterhalb derselben liegen. Diefs beweist auch direct der folgende Versuch von Leslie. Statt die Seitenwände eines kubischen Gefäfses mit verschiedenen Substanzen zu überziehen, bestreicht man sie folgweise mit mehren Firnifsschichten, füllt das Gefäfs alsdann mit heifsem Wasser, und mifst, nach bekannten Methoden, das Ausstrahlungsvermögen des also zubereiteten Würfels. Die Strahlung findet sich desto stärker,

je zahlreicher die Firnifsschichten sind. Indefs ist diese Wirkung nicht unbegränzt. Denn sobald die Schichten einen Ueberzug von gewisser Dicke gebildet haben, bewirken neu aufgetragene keine Zunahme der Strahlung, sondern diese behält die Stärke, die sie mittelst der früheren Schichten erreicht hatte. Hier spricht der Versuch für sich selbst, und bestätigt deutlich die Folgerung von Rumford. Bis zu einer gewissen Tiefe strahlen die unteren Schichten durch die oberen, und verstärken somit die Ausstrahlung der Oberfläche gegen das thermoskopische Instrument. Ist aber diese Tiefe constant, oder verändert sie sich mit der Natur der Körper?

Um diefs zu erfahren, machte ich folgenden Versuch. Ich verschaffte mir eine alkoholische Lösung, hauptsächlich bestehend aus Bernstein (*ambre*), Mastix und Sandarac, nebst einer kleinen Menge Opoponax und Gummigutt [1]). Dieser Firnifs wird nicht, wie so viele andere, bei der geringsten Wärme klebrig, sondern bleibt bei 60° bis 70° C. vollkommen trocken; er ist überdiefs sehr dünnflüssig, und aus, in Wasser unlöslichen Substanzen gebildet, was nöthig ist zu den Versuchen, denen er unterworfen werden soll.

$10^{grm.},494$ dieser Flüssigkeit, auf einen Porcellanteller ausgebreitet, reducirten sich, wohl getrocknet, auf $1^{grm.},802$. In eine mit Wasser gefüllte Flasche gethan, verdrängte diese Substanz, nachdem durch Schütteln und Stehenlassen auch die kleinste Luftblase ausgetrieben worden, $1^{grm.},690$ der Flüssigkeit. Das specifische Gewicht des getrockneten Firnisses war demnach $\frac{1802}{1690}=1,066$.

Hierauf nahm ich eine gewisse Quantität desselben Firnisses und brachte sie mittelst eines kleinen Pinsels

1) Genau ist die Zusammensetzung dieses Firnisses die: Mastix 40 Grm., Bernstein 30 Grm., Sandarac 20 Grm., Opoponax 15 Grm., Gummigutt 5 Grm., concentrirter Alkohol 350 Grm. Man macht das Gemenge in einer gelinden Temperatur, schüttelt es stark, läfst es 24 Stunden stehen und giefst ab.

in eine andere Flasche mit eingeriebenem Stöpsel. Flasche, Firnifs und Pinsel wogen zusammen 31$^{grm.}$,76. Auf die vier Seitenwände eines würfelförmigen Gefäfses von polirtem Kupfer brachte ich eine Schicht des Firnisses, und steckte darauf den Pinsel wieder in die Flasche. Nachdem der Firnifs trocken geworden, bestrich ich drei Seiten abermals, dann nochmals zwei und zuletzt eine, so dafs ich also auf der ersten Wand des Würfels eine, auf der zweiten zwei, auf der dritten drei und auf der vierten vier Schichten hatte.

Der in der Flasche aufbewahrte Pinsel war eigends so grofs gewählt, dafs, wenn man ihn herauszog, die vermöge der Tränkung darin bleibende Firnifsmenge hinreichte, eine Wand des Würfels damit zu bestreichen. So erreichte man leicht die gröfste Gleichmäfsigkeit in der Dicke der auf einander getragenen Schichten, und reducirte die beim Transport von der Flasche zum Würfel durch Verdunstung entstehenden Verlüste auf ein Minimum. Nach dieser Vorbereitung des Gefäfses füllte ich es mit Wasser von etwa 60° C. und tauchte ein Thermometer hinein. Als die Temperatur auf 50° C. gekommen war, drehte ich folgweise jede der vier Seiten des Würfels gegen die Säule eines Thermomultiplicators, und machte zwei Beobachtungsreihen, zuerst von der Rechten zur Linken und dann zurück in umgekehrter Richtung, um nach Coulomb's wohlbekannter Methode die aus der Temperatursenkung entstandenen Unterschiede zu compensiren, Unterschiede, die übrigens, wegen der bewundernswürdigen Pünktlichkeit der Anzeigen des angewandten thermoskopischen Instruments sehr klein waren. Drei nach diesem Verfahren erhaltene Reihen gaben folgende Mittel:

Gefäfswand	1	2	3	4
Firnifsschichten	1	2	3	4
Ausstrahlung	9,3	13,9	17,8	21,3

Hierauf versetzte ich die drei ersten Wände in den-

selben Zustand wie die vierte, indem ich jede mit vier Firnifslagen versah; dann gab ich der zweiten noch eine, der dritten noch zwei, und der vierten noch vier. So zubereitet gab der Würfel:

Gefäfswand	1	2	3	4
Firnifsschichten	4	5	6	7
Strahlung	21,3	24,5	27,4	29,9.

Die erste Beobachtung dieser zweiten Reihe, bei Gleichheit des Abstands, der Temperatur etc. wie die letzte der vorangehenden Reihe wiederholt, lieferte nahezu dieselbe thermoskopische Angabe; defsungeachtet blieb immer ein kleiner Unterschied, den ich verschwinden machte, indem ich den richtigen Werth nahm und die übrigen drei Glieder derselben Reihe verhältnifsmäfsig reducirte.

So die Operation fortsetzend erhielt ich successiv mehre analoge Resultate, die ich nebst den obigen in folgender Tafel zusammengestellt habe:

Firnifs-schichten.	Strahlung.	Unterschiede.	Firnifs-schichten.	Strahlung.	Unterschiede.	Firnifs-schichten.	Strahlung.	Unterschiede.
1	9,3		7	29,9	2,5	13	39,6	1,1
2	13,9	4,6	8	32,2	2,3	14	40,3	0,7
3	17,8	3,9	9	34,1	1,9	15	40,8	0,5
4	21,3	3,5	10	35,8	1,7	16	40,9	0,1
5	24,5	3,2	11	37,2	1,4	17	40,9	0,0
6	27,4	2,9	12	38,5	1,3	18	40,8	—0,1
						19	40,6	—0,2

Die Unterschiede zwischen der einen und andern Strahlung zeigen, dafs der Effect beständig in einer abnehmenden Reihe wächst mit der Zahl der Firnifsschichten bis zur sechszehnten, die also die letzte war, deren ausstrahlende Wirkung noch direct nach aufsen gelangte [1]).

1) Hr. Padula, Prof. d. Mathematik an der K. polytechn. Schule zu Neapel, war, auf meine Bitte, so gut zu untersuchen, ob nicht diese Relationen zwischen der Dicke der Firnifsschichten und der Stärke der Ausstrahlung durch irgend ein einfaches Gesetz mit einander ver-

Nach beendigten Beobachtungen fand sich das Gewicht der Flasche noch $=27^{grm.},41$. Die siebenzig flüssigen Schichten, welche man nach dem oben genannten Ver-

knüpft seyen. Als Antwort erhielt ich eine Notiz, die ich mich beeifere hier wörtlich wiederzugeben.

Um eine Function fx zu finden, die für die Werthe 1, 2, . . 16 der Variabeln x respective gleich sey den Zahlen:

9,3 ; 13,9 ; 17,8 ; 21,3 ; 24,5 ; 27,4 ; 29,9 ; 32,2 ; 34,1 ; 35,8; 37,2 ; 38,5 ; 39,6 ; 40,3 ; 40,8 ; 40,9;

und für jeden Werth gröfser als 16 gleich sey 40,9, bemerken wir, dafs, wie auch diese Function seyn möge, wir sie unter die Form $40,9 - \varphi x . \psi x$ setzen können, wo φx eine discontinuirliche Function ist, die von $x=0$ bis $x=16$ gleich der Einheit ist, und von $x=16$ bis $x=\infty$ gleich Null; und ψx eine Function, die, wenn man setzt $x=1, =2, = \ldots =16$ successive wird:

(A) 31,6 ; 27 ; 23,1 ; 19,6 ; 16,4 ; 13,5 ; 11 ; 8,7 ; 6,8 ; 5,1; 3,7 ; 2,4 ; 1,3 ; 0,6 ; 0,1 ; 0.

Da wir das Detail der Rechnungen hier nicht auseinandersetzen können, so begnügen wir uns mit den Resultaten. Erstlich hat man für die Function φx:

$$\varphi x = \frac{2}{\pi}\int_0^\infty \frac{d\alpha}{\alpha} \cos \alpha x \sin 16\alpha ,$$

wo π das Verhältnifs des Durchmessers zum Kreise, und α eine nach der Integration verschwindende Constante ist.

Die Function ψx kann vorgestellt werden durch: $0,1378(x-16)^2$, welche für die oben angezeigten Werthe der Variabeln x hinreichend den Zahlen der Reihe (A) entspricht.

In der That wird sie successive:

31,005 ; 27,009 ; 23,288 ; 19,843 ; 16,674 ; 13,78 ; 11,162 ; 8,819 6,752 ; 4,961 ; 3,445 ; 2,205 ; 1,24 ; 0,551 ; 0,138 ; 0;

und die Unterschiede zwischen diesen Werthen und den Gliedern der Reihe (A) sind:

0,595 ; —0,009 ; —0,188 ; —0,243 ; —0,274 ; —0,28 ; —0,162; —0,119 ; 0,048 ; 0,139 ; 0,255 ; 0,06 ; 0,195 ; 0,049 ; —0,038 ; 0.

Wenn $x=0$, reducirt sich die Function $0,1378(x-16)^2$ auf 35,277, und folglich $f(0)=4,723$. Diese Zahl mufs das Maafs der von der blanken Metallfläche ausgestrahlten Wärme anzeigen. Begnügt man sich mit diesem Grad von Annäherung, so kann man die allgemeine Formel aufstellen:

$$(B) \qquad fx = b' - \frac{2(b'-b)}{\pi a^2}(x-a)^2 \int_0^\infty \frac{d\alpha}{\alpha} \cos \alpha x \sin a\alpha ,$$

wo b und b' die Minimum- und Maximum-Werthe der ausge-

fahren auf die vier Wände des Würfels hatte streichen müssen, um neunzehn auf der letzten zu häufen, wogen also $31,76 - 27,41 = 4,35$ Grm. Nun trockneten $10^{grm.},494$ zu $1^{grm.},802$ ein, folglich mufsten die 70 Schichten nach dem Trocknen wiegen $\frac{4,35}{10,494} \cdot 1,802 = 0^{grm.},747$. Diefs giebt für das Gewicht der sechszehn Schichten, nöthig, um die Strahlung auf das Maximum zu bringen, $\frac{16}{70} \cdot 0,747 = 0^{grm.},1,707$.

Da aber das spec. Gewicht des trocknen Firnisses 1,066 ist, und die ausstrahlende Oberfläche desselben 39,69 Quadratcentim., so mufste der Firnifs auf der ausstrahlenden Wand eine Schicht von der Dicke $\frac{0,1717}{1,066 \cdot 39,69}$ $= 0,043455$ Millimeter bilden.

Nun wurde dieser selbe Würfel, bedeckt mit 70

strahlten Wärme und a diejenige Dicke der übereinander auf die Metallfläche gebrachten Firnifsschichten, bei welcher die ausgestrahlte Wärme constant wird. In dem Falle, um den es sich handelt, hat man $a = 16$; $b = 4,723$; $b' = 40,9$. Die Function fx, wie sie durch die Formel (B) für alle zwischen den Gränzen 0 und a liegende Werthe von x angezeigt wird, drückt die Ordinate einer Parabel vom zweiten Grade aus, und wenn $x > 16$, stellt sie die Ordinate einer mit der Abscissenaxe parallelen Geraden vor.

Verlangt man eine gröfsere Annäherung, so könnte man voraussetzen:

$$\psi x = 0,0001 (16 - x)^2 (3x^2 - 31x + 1435),$$

welche Resultate giebt, deren Unterschiede mit denen der Reihe (A) respective sind:

$-0,057$; $-0,146$; $-0,036$; $0,03$; $0,002$; $-0,07$; $-0,036$; $-0,126$; $-0,055$; $-0,03$; $0,058$; $0,008$; $-0,085$; $-0,036$; $-0,064$; 0.

Setzt man endlich voraus, der Werth von x, nach welchem die Ausstrahlung constant wird, sey nicht 16, sondern 15,985, so findet sich, dafs die Function:

$$\psi x = 0,001 (15,985 - x)^2 (3x^2 - 31x + 1434)$$

auf eine sehr genügende Weise mit den Resultaten der Beobachtung übereinstimmt. Wirklich ergeben sich daraus Werthe, deren Unterschiede mit den Gliedern der Reihe (A) folgende sind:

$0,028$; $-0,068$; $-0,034$; $0,094$; $0,061$; $-0,019$; $-0,012$; $-0,086$; $-0,021$; 0 ; $-0,082$; $0,028$; $-0,07$; $-0,026$; $-0,058$; 0.

Firnifsschichten, der von allen Seitenwänden das Maximum der Ausstrahlung gab, in diesem Zustand auf einer seiner Seiten gelassen und auf den drei andern vergoldet, was sehr leicht und mit grofser Genauigkeit auszuführen ist, wenn man jede der zu vergoldenden Wände auf ein gröfseres Stück Blattgold setzt und sanft gegen dasselbe drückt, wo dann das Gold glatt und ohne alle Falten am Firnifs haften bleibt. Die Dicken der auf die drei Wände des Würfels geklebten Goldblätter, berechnet aus der Dichtigkeit, dem Gewicht und der Oberfläche, waren:

0,00206 Millim. 0,00412 Millim. 0,00824 Millim.

Das so zubereitete und mit heifsem Wasser gefüllte Gefäfs wurde auf sein Gestell gebracht und so gedreht, dafs seine vier Seiten successiv auf den thermoskopischen Körper gerichtet waren. Der Zeiger des Instruments, der noch 40° bis 41° angab, als der thermoskopische Körper sich unter der Wirkung der gefirnifsten Wand befand, gab nur eine strahlende Kraft von etwa 4°,5, als die gefirnifste Wand durch die erste der vergoldeten ersetzt ward, und *diese Angabe änderte sich nicht, als man die beiden anderen vergoldeten Wände des Würfels gegen das Thermoskop drehte.* Die dünnste Vergoldung hatte demnach die Dickengränze, welche erforderlich ist, um die Strahlung der metallischen Fläche auf das Maximum zu bringen, schon erreicht und vielleicht schon überschritten. Im Golde also kommen die Strahlen ganz sicherlich nicht aus einer gröfseren Tiefe als 0,002 Millimeter. *Der Firnifs, der bis zu einer Tiefe von etwa* 0,044 *Millimeter Wärmestrahlen nach aufsen sendet, hat also eine zwei und zwanzig Mal entlegenere Gränze.* Es ist also ganz natürlich, dafs das Gold viel weniger Wärme giebt als der Firnifs, denn man könnte fast sagen, dafs wenn die strahlende Schicht des Goldes zur Einheit angenommen wird, der Firnifs zwei und zwanzig übereinanderliegende Schichten durchstrahle.

Zwar müssen die unteren Schichten einen geringeren Effect geben als die oberflächlichen, weil ihre Strahlungen die darauf liegenden Schichten durchdringen, wo sie nothwendig durch Absorption einen bedeutenden Theil an Stärke verlieren, und der Versuch hat es uns so eben gezeigt durch die aus der Uebereinanderlage der Firnifsschichten entspringende abnehmende Reihe des Ueberschusses an Ausstrahlungsvermögen; allein da das Verhältnifs zwischen den beiden, für den Firnifs und das Gold geltenden Gränzen viel divergirender ist als das ihrer Ausstrahlungsvermögen, so begreift man leicht, dafs die geringere Wirkung der unteren Schichten durch die Ueberlegenheit in der Zahl ausgeglichen werden kann.

Erwägt man die Durchsichtigkeit des Firnisses und die Trübheit des Goldes, so ist man anfangs geneigt, davon den Unterschied der Tiefen herzuleiten, aus welchen bei diesen beiden Substanzen die strahlende Wärme hervorkommt. Allein diese Meinung ist nicht haltbar, wenn man die nämlichen Betrachtungen der Strahlungsgränzen auf das Aussendungsvermögen anderer Substanzen anwenden will, angesehen, dafs der Kienrufs eben so stark und vielleicht noch stärker ausstrahlt als die durchsichtigsten Körper. Und müfste man nicht in dieser Thatsache einen Einwurf gegen unsere Theorie erblicken? denn man kann sich leicht überzeugen, dafs der Kienrufs, so gut wie der Firnifs, die Eigenschaft besitzt, aus einer beträchtlichen Tiefe unterhalb der Oberfläche nach aufsen zu strahlen. Zu dem Ende mufs man mit Lampenrufs analoge Operationen wiederholen, wie sie so eben beim Firnifs beschrieben wurden; d. h. man mufs eine Kerzenflamme einmal über alle Wände des Würfels hinwegführen, dann ein zweites Mal über drei, ein drittes Mal über zwei, ein viertes Mal über eine, und so fort, die vier Flächen von Neuem berufsen, endlich die geschwärzten Flächen folgweise gegen eine Thermosäule richten, wenn das Gefäfs mit heifsem Was-

ser gefüllt ist. Man wird erstaunen, wie oft man diese Operationen wiederholen mufs, ehe man das Maximum des Ausstrahlungsvermögens erreicht. Hält man die Wand des Gefäfses sanft gegen den Horizont geneigt, und führt sie, immer bis zur Hälfte in die Flamme getaucht, von einem Ende bis zum andern darüber hin und her, so dafs diese ihrer ganzen Breite nach parallele Streifen beschreibt, so findet man, dafs man sie 25 bis 30 Mal bekleiden und folglich eben so viele Kienrufsschichten auftragen mufs, ehe man zum Maximum des Effects gelangt. Die Strahlung des Kienrufses kommt also, so gut wie die des Firnisses, nicht blofs von der Oberfläche, sondern aus einer bedeutenden Tiefe darunter; und diefs wird gegenwärtig nicht aufserordentlich erscheinen, da bewiesen worden ist, dafs die Wärme durch verschiedene ganz opake Körper unmittelbar hindurchstrahlt.

Eine Strahlung der unterhalb der Oberfläche liegenden Punkte nahm schon Fourier an bei seinem theoretischen Beweis vom Gesetz des Sinus der Neigung.

Wenn die strahlende Wand des mit Wasser gefüllten Gefäfses, statt senkrecht zu seyn, schief gestellt wird, so weist die Erfahrung nach, dafs die Intensität der Strahlung gleich ist der ihrer Projection in normaler Richtung auf den thermoskopischen Körper; so dafs die schiefe Wirkung eines Elements des strahlenden Körpers sich zu dessen senkrechter Wirkung verhält wie der Sinus der Neigung zur Einheit. Nun ist, nach Fourier, diefs Gesetz eine nothwendige Folge von der Eigenschaft der Körper von einer gewissen Tiefe unterhalb der Oberfläche herzustrahlen.

Es sey nämlich AB (Fig. 17 Taf. I) die Oberfläche eines strahlenden Körpers. Die Erfahrung hat uns gelehrt, dafs aufser den Punkten in AB, auch die bis zu einer gewissen Tiefe darunter gelegenen nach aufsen strahlen, und ihre Strahlen mit denen vermengen, die von den oberflächlichen Punkten ausgehen. Gesetzt nun, DE

sey die Gränze, von der aus die Strahlungen innerer Punkte der Masse nicht mehr die Oberfläche *AB* durchdringen. Da im Innern der Körper die Strahlung rasch absorbirt wird, und der zu durchdringende Raum wächst mit der Entfernung von *AB*, so ist klar, daſs die nach auſsen fortschwingende Wärmemenge desto kleiner wird, jemehr der strahlende Punkt sich *DE* nähert. Diese Fortpflanzung geschieht indeſs immer in gerader Linie, ringsum die verschiedenen zwischen *AB* und *DE* liegenden Punkte.

Dieses wohl verstanden, nehmen wir ein Oberflächen-Element des Körpers, oder, besser gesagt, einen unendlich kleinen Streifen *ab* der strahlenden Oberfläche. Von der Mitte dieses Elements und mit einem Radius gleich dem Abstand zwischen *AB* und *DE* beschreiben wir eine Halbkugel *mc″c′n* unterhalb *AB*. Klar ist, daſs die durch *ab* ausgesandte Strahlung von allen innerhalb eines solchen Raumes liegenden Punkten herrühren wird. Diese Strahlen werden sich in *ab* kreuzen und jenseits verlängern, dabei je nach ihren ursprünglichen Richtungen nach allen Seiten divergirend. Wollen wir aber die senkrechte Strahlung des Elements vergleichen mit irgend einer seiner schiefen, so muſs man das Bündel *fabc* vergleichen mit einem der Bündel *f′abc′*, *f″abc″* u. s. w., die das Element *ab* zur Basis haben, die ganze Halbkugel *mc″c′n* durchdringen und sich auf deren Oberfläche stützen. Nun leuchtet ein, daſs die schiefen Bündel weniger Wärme enthalten als der senkrechte, und zwar desto weniger, je schiefer sie liegen. Was das Verhältniſs zwischen den Intensitäten der Bündel betrifft, so ist nichts leichter als es zu bestimmen; denn es ist offenbar proportional ihren winkelrechten Querschnitten. Allein *ab* stellt den Querschnitt des auf der Oberfläche senkrechten Bündels vor. Um den des schiefen Bündels zu erhalten, braucht man nur durch das Ende *b* eine Normale *bp* auf die gegenüber

stehende Seite dieses Bündels zu fällen. Man hat alsdann das Verhältniss:

$$ab : bp :: 1 : \sin Baf',$$

d. h. das Verhältniss der beiden Wärme-Intensitäten ist genau das, was die Erfahrung nachweist.

Mithin machen die Folgerungen aus der blossen Eigenschaft der nahe unter der Oberfläche liegenden Schichten, einen Theil der erlangten Wärme nach aussen zu strahlen, vollkommen begreiflich, weshalb die Ausstrahlung dem Gesetz des Sinus der Neigung folgt. Und man hat vorhin gesehen, dass die Quantitätsdifferenz, die zwischen den Dicken dieser Schichten, je nach der Natur der strahlenden Substanzen, existirt, ziemlich deutlich erklärt, weshalb die Intensität des Ausstrahlungsvermögens von einem Körper zum andern variirt. Die auswärtige Strahlung der Punkte nahe an der Oberfläche reicht also hin, alle Thatsachen über die Wärmeaussendung der Körper zu erklären, ohne dass man einer *inwärtigen Reflexionskraft* bedarf, wie sie von allen Mathematikern, welche den Calcül auf die Wärmelehre angewandt haben, angenommen wird.

Die erste Idee oder wenigstens den ersten klaren und scharfen Ausspruch von dieser inwärtigen Reflexion scheint dem verstorbenen Pierre Prevost anzugehören, der so viel zur Ausbildung der damals noch so neuen Theorie der strahlenden Wärme beigetragen hat. Analogie und Erfahrung, sagt er, fordern uns auf, die Theorie der Lichtreflexion auf die strahlende Wärme anzuwenden. Wenn die Wärme von einem Mittel in ein anderes übergeht, so erleidet sie an der Trennungsfläche entweder eine Anziehung oder Abstossung. Strebt sie aus einem weniger brechendern Mittel, wie die Luft, überzugehen in ein stärker brechendes, wie Glas oder polirtes Metall, so geschieht es, je nach den Umständen (der Schiefe u. s. w.), dass sie reflectirt wird. Und dasselbe erfolgt, je nach den Umständen, wenn sie aus einem

nem stärker brechenden Mittel, z. B. *einem Metall*, in ein weniger brechendes, wie die Luft, übergeht [1]).

Der Verfasser der *Théorie analytique de la chaleur* bekennt sich vollständig zu dieser Ansicht. In der That findet man in seinen vorläufigen Definitionen den Satz: Die Strahlen, die zu den erhitzten Körpern hinauszutreten suchen, werden gegen die Oberfläche hin durch eine Kraft aufgehalten, die einen Theil in das Innere der Masse reflectirt [2]).

Beim Lesen der ersten Seiten der *Théorie mathematique de la chaleur* ist leicht zu ersehen, dafs derselben Hypothese von dem grofsen Mathematiker beigepflichtet wird, den der Tod erst neuerlich den Wissenschaften entrissen hat [3]).

Mittelst einer solchen vorausgesetzten Kraft der Reflexion nach innen erklärt dieser berühmte Gelehrte die Unterschiede, die im Ausstrahlungsvermögen zwischen Körpern von verschiedener Natur vorkommen. Um in dieser Beziehung alle Zweifel zu entfernen, braucht man nur die nachstehende Stelle aus Fourier anzuführen, die auf die eben erwähnte folgt. »Wenn man, durch Veränderung des Zustandes der Oberfläche, die Kraft verstärkt, mit welcher sie die einfallenden Strahlen reflectirt, so erhöht man zu gleicher Zeit ihre Fähigkeit, die Strahlen, die zu ihr heraustreten wollen, in das Innere des Körpers zu reflectiren.«

Mithin wäre, nach Prevost, Fourier und Poisson, die Wärme, die in strahlender Form aus einem Körper entweicht und frei die umgebende Luft durchdringt, vergleichbar dem Lichte, das von einem Mittel zum andern übergeht; und die Unterschiede, die man

1) P. Prevost, *Du calorique rayonnant; 1 Vol. in 8°. Paris* 1809. *p*. 112.

2) Fourier, *Théorie analytique de la chaleur*, *p*. 29.

3) Poisson, *Théorie math. de la chaleur*, *p*. 22 *etc*.

im dem Strahlungsvermögen der Körper bemerkt, würden herrühren von einer mehr oder weniger starken Reflexion der Wärme an der Trennungsfläche beider Mittel. Die schwache Ausstrahlung der Metalle wäre also Folge der *starken Reflexion nach innen*, welche die Wärme an der Oberfläche dieser Körper erleidet. Freilich ist die Analogie zwischen der Wärme und dem Lichte sehr grofs, aber blofs in dem Fall, wo das erstere dieser beiden Wesen den strahlenden Zustand besitzt. Und wo sind, frage ich, die Versuche, welche beweisen, dafs die Wärme in dem Inneren der Metalle oder in den ungemein dünnen Schichten dicht an ihrer Oberfläche strahle? Ich kenne keinen. Im Gegentheil, wenn die Frage alleinig nach den Thatsachen entschieden werden soll, gelangt man zu einem ganz entgegengesetzten Schlufs, weil man erst vorhin gesehen, dafs Goldblätter, dünne wie dicke, auf Firnifs geklebt, die Ausstrahlung dieser Substanz um dieselbe Gröfse schwächen.

Vielleicht wird man sagen, dafs das aus der Theorie hergeleitete Gesetz des Neigungs-Sinus die freie oder strahlende Bewegung der Wärme in den dünnen Schichten unterhalb der Oberfläche eines jedweden Körpers beweise; und ich will es sogar zugeben, obwohl die Ideen, aus welchen man den Beweis dieses Gesetzes abgeleitet hat, sich nicht auf direct mit Metallen angestellte Versuche stützen.

Indefs, wenn man die *Reflexion nach innen* als so kräftig annimmt, dafs sie die beobachteten grofsen Unterschiede im Ausstrahlungsvermögen der Körper hervorbringen könne, *warum vernachlässigt man sie gänzlich, wenn es sich um den Beweis des Sinusgesetzes handelt?* Geschieht es, weil dieses Gesetz nicht den Vergleich der aus verschiedenen Substanzen kommenden Reflexionen erfordert, sondern der aus einem und demselben Körper, dessen Oberfläche mehr oder weniger gegen die Wärmestrahlen geneigt ist? Alsdann hat man ohne Zwei-

fel vergessen, dafs die *Intensität der Reflexion fast nur bei den Metallen constant ist*, dagegen beim Glase, Marmor und bei anderen Substanzen *ungeheuer variirt mit der Neigung der Strahlen oder der Politur der Oberflächen. Dafs aber eine bald constante, bald veränderliche Zurückstrahlungskraft, die man als stark genug voraussetzt, um die ungeheuren Unterschiede zwischen den von Körpern verschiedener Natur ausgesandten Wärmemengen hervorbringen zu können, zu einem und demselben Endresultat führe, wenn es sich um das Gesetz der aus jedem dieser Körper unter verschiedenen Neigungen austretenden Strahlen handelt*, das wird Niemand vernünftigerweise behaupten können.

Nimmt man also zur Erklärung der Unterschiede im Strahlungsvermögen eine *Reflexion nach innen* an, so ist man genöthigt dieselbe bei Erklärung des Gesetzes der schiefen Ausstrahlung mitwirken zu lassen, und führt man diese Reflexion in die Betrachtungen über die Schiefheit der Strahlen ein, so ist man zu dem Schlufs gezwungen, dafs das Sinusgesetz kein allgemeines sey. Allein diefs Gesetz bestätigt sich in allen Fällen, wie man sich leicht überzeugt, wiederholt man den oben angegebenen Versuch über die senkrechte und schiefe Strahlung aus einer polirten, matten, geschwärzten oder mit irgend einer Substanz überzogenen Metallfläche. Mithin ist der Effect der angeblichen *Reflexion nach innen* so gut wie Null; und das Sinusgesetz, so wie die Unterschiede im Ausstrahlungsvermögen der Körper entspringen einzig aus der Intensität und der mehr oder weniger grofsen Quantität der Wärmestrahlen, die, von Punkten unterhalb der Oberfläche ausgehend, bei freier Durchdringung der darüberliegenden Schichten, nach aufsen gelangen.

VII. *Ueber die Theorie des Sehens; von Hrn. Sturm.*

(*Compt. rend. T. XX p.* 554, 761 *et* 1238.)

Der Mechanismus des Sehens und die Processe, welche die Natur anwendet, um dem Auge die Fähigkeit zu geben, Gegenstände aus verschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen, sind noch der Gegenstand von Verhandlungen zwischen Physikern und Physiologen. Es wäre überflüssig alle Erklärungen und alle oft so widersprechende Hypothesen zu wiederholen, die zur Abänderung von Keppler's Fundamentaltheorie vorgeschlagen worden sind. Die schönen Versuche von Thomas Young haben die Unveränderlichkeit der Gestalt der durchsichtigen Hornhaut und folglich die des Augapfels, so wie auch die Unmöglichkeit einer merklichen Verschiebung der Krystalllinse aufser Zweifel gesetzt; allein die Meinung, die er über die Veränderung der Krümmung und die Molecular-Contraction der Krystalllinse aussprach, schien nicht so gut begründet zu seyn.

Die Verengerung des Pupillenlochs mufs ohne Zweifel die zu stark divergenten Strahlen auffangen, reicht aber nicht hin, um das Sehen für sehr ungleiche Abstände deutlich zu machen.

Prof. Mile [1]) macht diese Eigenschaft von zwei nicht zulässigen Ursachen abhängig: von der Diffraction, die, nach ihm, die den Rand der Pupille streifenden Strahlen erleiden, und von einer Aenderung in der Krümmung der Cornea, welche die Contraction der Iris begleiten würde.

Unter den neueren Arbeiten über das Sehen mufs man die experimentellen Untersuchungen des Hrn. de

1) *Journ. de Physiologie, de* Magendie, *T. VI.* (Ann. Bd. 42, S. 37 und 235.)

Haldat hervorheben. Nachdem er durch neue Beobachtungen die Unveränderlichkeit der Krümmung der Cornea und die Zusammengesetztheit des Gefüges der Krystalllinse bestätigt, hat er durch genaue und mannigfache Versuche dargethan, dafs die vom übrigen Auge getrennte und als Objectiv einer Camera obscura angewandte Krystalllinse für sich allein die Fähigkeit besitzt, Strahlen von Gegenständen, die sich in verschiedenen Entfernungen befinden, in einem einzigen Punkt zu vereinen. Eine Krystalllinse, befestigt in einer Röhre und auf Gegenstände gerichtet, von denen einige 3 bis 4 Decimeter, andere 20 bis 30 Meter entfernt waren, gaben ihm auf einem in grofsem Abstand hinter der Krystalllinse gehaltenen matten Glase Bilder von gleicher Deutlichkeit. Diese Eigenschaft unterscheidet die Krystalllinse (*à l'état d'inertie*) ganz von unseren künstlichen Linsen, und verdient um so mehr unsere Aufmerksamkeit, als sie mit den gewöhnlichen Gesetzen der Dioptik in Widerspruch zu stehen scheint. Auch mit dem ganzen Auge, zweckmäfsig zubereitet, hat Hr. de Haldat nicht weniger merkwürdige Versuche angestellt, und damit die specielle, von ihm der Krystalllinse beigelegte Eigenschaft bestätigt, aber keine theoretische Erklärung davon gegeben [1]).

Ich glaube die Wirkung der Krystalllinse und anderer Theile des Auges erklären zu können durch sehr einfache geometrische Betrachtungen, die ich schon längst einigen Personen mittheilte. Wenn die Theorie, welche ich aufstelle, die Schwierigkeiten in Betreff der Ajustirung des Auges nicht vollständig hebt, so hat sie wenigstens den Vorzug, dieselben bedeutend zu verringern; denn nach ihr hat man nicht mehr nöthig, im Auge die inneren Bewegungen und die so bedeutenden Formver-

1) Ich erörtere hier nicht die Hypothese, die Hr. Forbes neuerlich der Academie mitgetheilt hat, und die von Hrn. de Haldat in einer Note bestritten worden ist, welche nicht hat in den *Compt. rend.* erscheinen können.

änderungen vorauszusetzen, welche die anderen Theorien erfordern.

Ich nehme es zunächst als Thatsache an, dafs das Auge nicht absolut verglichen werden kann mit einer Camera obscura oder einem Systeme homogener und sphärischer, hinter einander auf Einer Axe liegender Linsen, dafs insbesondere die Krystalllinse nicht als eine homogene sphärische Linse betrachtet werden darf. Obgleich Th. Young, Chossat, Krause und andere Physiologen gefunden haben, dafs die Krümmungen der Media des Auges nicht sphärisch sind, so hat man doch immer dem Auge focale Eigenschaften beigelegt, die nur den sphärischen Linsen zukommen, indem man ohne Prüfung annahm, dafs die von einem Punkt ausgehenden und nach den gewöhnlichen Brechungsgesetzen im Auge gebrochenen Strahlen auf dem Grunde des Auges einen einzigen Brennpunkt bilden müssen, wie im Fall diese Strahlen durch wohl centrirte sphärische Gläser gegangen wären. Um durch ein einfaches Beispiel den Fehler einer solchen Voraussetzung begreiflich zu machen, denke man sich ein Auge, bestehend aus einer einzigen homogenen Substanz, und begränzt durch ein Segment eines Ellipsoïdes, dessen grofse Axe mit der Axe der Pupille zusammenfiele, dessen mittlere Axe horizontal und dessen kleine Axe vertical wäre. Ein kleines Strahlenbündel, das von einem auf der Verlängerung der grofsen Axe liegenden Punkt ausgeht und die Pupille durchdringt, wird nach der Brechung nicht zu Einem Brennpunkt convergiren, auch, wenn die Pupille weit ist, keine Umdrehungs-Brennfläche in Bezug auf die grofs Axe bilden können. Denn die in der Ebene des horizontalen Schnitts des Ellipsoïds sehr nahe der grofsen Axe liegenden Strahlen brechen sich, wie wenn sie auf den osculirenden Kreis dieses Schnitts, am Scheitel der grofsen Axe, fielen, und vereinigen sich auf dieser grofsen Axe in einem gewissen Brennpunkt; während die Strahlen im Verticalschnitt, der

im Scheitel eine stärkere Krümmung hat, sich auf derselben grofsen Axe in einem anderen, dem Scheitel näheren Punkt vereinigen. Was die aufserhalb dieser beiden Ebenen liegenden Strahlen betrifft, so treffen sie nach der Brechung nicht die grofse Axe, d. h. ihr kürzester Abstand von dieser grofsen Axe ist nicht ein unendlich kleiner Bruch vom Abstand des Einfallspunktes von dieser selben Axe.

Noch weniger regelmäfsig wäre der Gang der gebrochenen Strahlen, wenn die Strahlen von einem aufserhalb der Axe liegenden Punkt ausgingen und auf einen andern Theil des Ellipsoïdes fielen.

Um zur Wirklichkeit überzugehen, mufs man das Auge betrachten als bestehend aus mehren brechenden Mitteln, getrennt durch Flächen, die nicht genau sphärisch, auch nicht durch Umdrehung entstanden, oder ringsum eine gemeinschaftliche Axe symmetrisch sind. Es scheint dann schwierig auf den ersten Anlauf zu bestimmen, welche Form ein sehr dünnes Bündel homogener, von einem Lichtpunkt ausgehender Strahlen annehme, nachdem es durch alle diese Mittel gebrochen worden ist. Glücklicherweise ist diese Form einem allgemeinen und beständigen Gesetz unterworfen, das sich aus einem wohl bekannten Theorem ergiebt, welches zuerst von Malus für den Fall einer einzigen Refraction gegeben, darauf von Hrn. Dupin und anderen Mathematikern für jedwede Zahl von Refractionen bewiesen worden ist. Es lautet so: Wenn Strahlen, von einem einzigen Lichtpunkt ausgehend, Brechungen erleiden in verschiedenen Mitteln, die durch irgend welche Flächen getrennt sind, so sind diese Strahlen, nach ihrer letzten Brechung, immer normal auf einer gewissen Fläche, folglich auch auf einer Reihe von Flächen, von denen irgend zwei eine gleiche Länge auf allen diesen Strahlen abschneiden.

Von diesem Principe ausgehend, auf das man durch die Undulationstheorie geführt wird, kann man bestim-

men, welche Form, nach der letzten Brechung, ein sehr dünnes Bündel von Strahlen annehme beim Durchgang durch ein kleines Diaphragma, dessen Ebene senkrecht ist auf dem durch seine Mitte gehenden Strahl. (In der Figur 18 Taf. I, worin die Dimensionen sehr übertrieben sind, hat dieses Diaphragma die Form eines Kreises.)

Aus der Rechnung ergiebt sich Folgendes. Es giebt zwei auf einander winkelrechte Ebenen ZOX, ZOY, und diese enthalten die Strahlen, welche dem mittlichen Strahl OZ unendlich nahe sind, und ihn zu schneiden vermögen. Die Strahlen in der Ebene ZOX schneiden den Strahl OZ in einen gewissen Punkt F, die Strahlen in der Ebene ZOY schneiden denselben in einen anderen Punkt f. Diese beiden Punkte F und f gehören zur Brennfläche, die durch die folgweisen Durchschnitte der gebrochenen Strahlen gebildet wird, und im Allgemeinen zweitheilig ist (*à deux nappes*). Die zwei Punkte F und f kann man nennen: die *beiden Brennpunkte* des unendlich schmalen Bündels, dessen centraler Strahl OX ist, und die Gerade Ff: die *Brennstrecke* (*intervalle focale*) dieses Bündels.

Die beiden Ebenen ZOX, ZOY schneiden das Diaphragma nach zwei auf einander winkelrechten Durchmessern AOA', BOB'. Ziehen wir von den Punkten A, A' zum Punkte F die unbegränzten Geraden AF, $A'F$, und von den Punkten B, B' zum Punkte f die Geraden Bf, $B'f$. Durch den Punkt f ziehen wir in der Ebene ZOX die Gerade cfc' parallel zu AA' und eingeschlossen zwischen AF und $A'F$. Ziehen wir auch durch den Punkt F in der Ebene ZOY die Gerade CFC' parallel mit BB' und eingeschlossen zwischen den verlängerten Linien Bf und $B'f$. Diese beiden Geraden cfc' und CFC' sind unter sich und mit OZ winkelrecht.

Diefs gesetzt, ist der Strahl, der durch einen innerhalb oder auf dem Umfang des Diaphragmas genomme-

nen Punkt M geht, genöthigt die beiden festen Geraden cfc', CFC' zu treffen, woraus folgt, dafs die Fläche, welche das dünne Lichtbündel begränzt, eine linke Fläche ist, erzeugt durch eine gerade unbegränzte Linie, die sich bewegt, sich stützend auf den Umfang des Diaphragmas, und auf die zwei festen und begränzten Geraden cc', CC'.

Nimmt man zur Vereinfachung das Diaphragma kreisrund an, so schneidet jede Ebene, die in irgend einem von den Punkten F und f verschiedenen Punkt o auf dem centralen Strahl OZ winkelrecht ist, diese linke Fläche oder das Lichtbündel nach einer Ellipse, deren Axen aoa', bob' parallel sind den Durchmessern AA' und BB' des Kreises AB, und begriffen die erste zwischen den Geraden AF, $A'F$, die zweite zwischen den Geraden Bf, $B'f$. Legt man aber durch den Punkt f eine Ebene senkrecht auf OZ, so reducirt sich der Durchschnitt einfach auf die Gerade cfc', eben so wie eine Ebene durch F senkrecht auf OZ die Fläche nach einer anderen Geraden CFC', schneidet. Diese beiden Geraden bilden zwei kleine helle Striche auf dem Papier, welches das Lichtbündel auffängt. Die Längen dieser beiden Geraden und ihr Unterschied, verglichen mit dem Durchmesser AA' des Kreises AB, sind um so geringer, je gröfser der Abstand Of und je kleiner die Brennstrecke Ff; denn man hat die Proportionen:

$$cc' : AA' :: Ff : OF \quad ; \quad CC' : AA' :: Ff : Of$$

und folglich:

$$CC' - cc' : cc' :: Ff : Of.$$

Wenn die auf OZ winkelrechte Ebene, auf welche das Licht fällt, sich beim Bewegen vom Diaphragma AB entfernt, so sind die von ihr im Lichtbündel gemachten Schnitte oder die hellen Stücke eine Reihe von Ellipsen, deren beiden Axen aa', bb' zusammen, obwohl nicht in gleichem Verhältnifs, abnehmen, bis die bewegliche Ebene den Brennpunkt f, den nächsten am Diaphragma,

schneidet. Alsdann ist cc' die mit AA' parallele Axe, und die andere Axe wird Null, so dafs die Ellipse sich auf die Gerade cc' reducirt. Bei fortdauernder Entfernung der Ebene von dem Diaphragma nimmt auch die mit AA' parallele Axe aa' fortwährend ab, die andere Axe bb', die verschwunden war, beginnt zu wachsen, und der Durchschnitt wird ein Kreis, sobald die Abstände der schneidenden Ebene von den beiden Brennpunkten F und f sich verhalten wie die Abstände des kreisrunden Diaphragmas O von denselben Brennpunkten. Daraus folgt, dafs wenn die Brennstrecke Ff ein kleiner Bruch vom Abstande Of ist, dieser Kreisschnitt sehr nahe in der Mitte der Strecke Ff liegt, doch immer näher an f als an F. Geht die Ebene über diese Lage hinaus, so fährt die Axe aa' fort abzunehmen, und bb' zuzunehmen, so dafs bb', welches bisher die kleine Axe war, nun die grofse wird. Im Punkt F reducirt sich der Durchschnitt auf die Gerade CFC', denn die Axe aa' wird Null und bb' gleich CC'. Jenseits F sind die Durchschnitte Ellipsen, deren beide Axen in's Unendliche wachsen.

Der Flächenraum eines Durchschnitts oder das erhellte Feld ist proportional dem Rechteck aus den Abständen seiner Ebene von den beiden Punkten F und f. Dieser Flächenraum ist also in der Mitte der Brennstrecke Ff am gröfsten.

Man sieht hieraus, dafs das Lichtbündel um die Brennstrecke Ff herum, und selbst etwas diefs- und jenseits, verdichteter ist als sonst irgendwo; denn bei den Punkten F und f ist es in einem Sinne ausgebreitet und in dem andern zusammengeschnürt, woraus eine Art Compensation entspringt. Das Bündel wird nur genau oder beinahe konisch, sobald die beiden Brennpunkte F und f zusammenfallen oder einander unendlich nahe kommen. Das ist ein ausnahmsweiser Fall, der nur unter sehr besonderen Umständen eintreten kann.

Alle so eben beschriebenen Umstände lassen sich durch leichte Versuche nachweisen.

Man braucht z. B. nur durch ein kleines Loch in einem Fensterladen ein Bündel homogenen Lichts in eine dunkle Kammer eintreten, und auf ein Glassphäroïd oder eine kleine, mit Flüssigkeit gefüllte Flasche von unregelmäſsig gekrümmter Oberfläche, bekleidet hinten mit Papier, worin ein kleines Loch von willkührlicher Form ist, fallen zu lassen. Die Strahlen, welche zu dieser kleinen Oeffnung hinaustreten, nachdem sie durch die im Fensterladen eingetreten, sind von einem Theilchen des leuchtenden Körpers ausgegangen, den man als einen bloſsen Punkt betrachten kann. Fängt man im Dunkeln das ausfahrende Bündel mit einem weiſsen Papier auf, und entfernt sich langsam, so wird man die Gestalt der verschiedenen Durchschnitte erkennen, und besonders die zwei kleinen, mehr oder weniger von einander abstehenden Lichtstriche, die unter sich rechtwinklich sind. Innerhalb der Brennstrecke zwischen diesen beiden Strichen ist das Licht am concentrirtesten und lebhaftesten. Man kann auch die ganze Gestalt des ausfahrenden Lichtbündels sichtbar machen, wenn man unterhalb desselben einen dicken Rauch entwickelt. Die Gestalt verändert sich, ohne ihre allgemeinen Charaktere zu verlieren, wenn man den leuchtenden oder den brechenden Körper dem Fensterladen nähert oder von ihm entfernt.

Die oben beschriebene Thatsache scheint mir auf die Theorie des Sehens anwendbar.

Man hat allgemein angenommen, es sey zum deutlichen Sehen eines Punktes nöthig, daſs die von diesem Punkte ausgehenden Strahlen sich auf oder wenigstens sehr nahe bei der Netzhaut vereinigen, daselbst ihren *Brennpunkt* bilden. Allein die vorstehenden Betrachtungen scheinen mir zu beweisen, daſs ein einziger Brennpunkt oder Convergenzpunkt nicht existirt. Was da-

gegen für ein dünnes Lichtbündel, welches durch die Glasfeuchtigkeit gegangen ist und die Netzhaut trifft, immer existirt, das ist das vorhin *Brennstrecke* genannte Linienstück *Ff*, welches mehr oder weniger lang seyn kann. Diese Strecke *Ff* kann im Auge nicht absolut Null seyn, denn das Auge ist ein Verein von mehren ungleich brechenden Mitteln (wenigstens drei, wenn man die Hornhaut vernachlässigt), und diese Mittel finden sich getrennt durch Flächen, die, streng genommen, weder sphärisch, noch symmetrisch gegen eine gemeinschaftliche Axe sind.

Durch sehr genaue Messungen an vergröſserten und vollkommen richtigen Zeichnungen von Ochsenaugen hat Hr. Chossat gefunden, daſs die durchsichtige Hornhaut ein Segment eines Umdrehungsellipsoïds um die groſse Axe der Ellipse ist, welche der Horizontalschnitt der Hornhaut darbietet, daſs diese groſse Axe niemals zusammenfällt mit der Normale am scheinbaren Mittelpunkt der Oeffnung der Hornhaut, auch keineswegs winkelrecht ist auf einer zwischen beiden Endpunkten gezogenen Sehne, sondern nach innen gegen die Nase neigt, und auf dieser Normale einen Winkel von etwa 10 Grad in horizontaler Ebene macht. Hr. Sömmering hatte dasselbe schon am Pferdeauge beobachtet. Hr. Chossat durchschnitt die Hornhaut senkrecht nach der groſsen Axe des horizontalen Durchschnitts, und erhielt eine Ellipse, die ihm identisch zu seyn schien mit der horizontalen Ellipse, wobei die groſse Axe für beide Ellipsen gleich war in Gröſse und Richtung. Aus dieser Gleichheit schloſs er, daſs die Hornhaut des Ochsens ein Umdrehungsellipsoïd um die groſse Axe ist. Auf dieselbe Weise hat Herr Chossat gefunden, daſs die Flächen der Krystalllinse Segmente zweier Ellipsoïden sind, jedes entstanden durch Umdrehung um die kleine Axe seiner erzeugenden Ellipse; die beiden Ellipsen haben aber nicht gleiche Länge der Axen, die hintere ist convexer, im Widerspruch mit der

Bedingung, die man, zur Verringerung der sphärischen Aberration, gewöhnlich bei den Objectiven grofser Fernröhre erfüllt. Die Umdrehungsaxe der Vorderseite fällt nicht zusammen mit der der Hinterseite. Diese Axen machen unter sich einen Winkel, der von einem Auge zum andern zwischen 3 und 5 Grad schwankt, und sie weichen von der Axe des Körpers des Thiers oder von der Normale der scheinbaren Mitte der Hornhaut immer ab, im entgegengesetzten Sinn der Abweichung, welche die wirkliche Axe der Hornhaut darbietet. Hr. Chossat hat auch bemerkt, dafs die Krümmungen keineswegs gleich sind bei allen Mammiferen; so ist die Hornhaut bei den meisten elliptisch, bei dem Elephanten aber hyperbolisch. Schon Young kannte diese Krümmungs-Unterschiede, und nahm, nach Petit, an, dafs beim Menschen die Durchschnitte der Krystalllinse mehr oder weniger elliptisch, parabolisch und hyperbolisch seyen.

Auch der Dr. Krause hat bewiesen, dafs die Krümmungen der brechenden Theile des Auges nicht sphärisch sind [1]). Er hat an zwei Menschenaugen eine grofse Zahl von Abscissen und Ordinaten mit ungemeiner Sorgfalt gemessen, und für die Hornhaut, die Krystalllinse und den Augengrund keine regelmäfsige Krümmungen gefunden. Die Durchschnitte der Krystalllinse schienen ihm fast elliptisch zu seyn, und für die Oberfläche der Netzhaut und die Hinterseite der Glasfeuchtigkeit fand er ein Stück eines Ellipsoïds von drei ungleichen Axen, was von Einflufs seyn kann auf die Form des Bildes von einem Gegenstand auf der Netzhaut. Alle diese Messungen zeigen, wie mir scheint, uns an, dafs die Flächen, welche die Mittel des Auges trennen, Stücken von Ellipsoïden ähnlich sind, ohne dafs sie einer algebraischen Gleichung entsprechen, um so mehr, als es nicht klar aus den Versuchen der HH. Chossat und Krause hervorgeht, dafs ihre Ellipsoïde durch Umdrehung entstandene sind.

1) Annal. Bd. 31, S. 39, und Bd. 39, S. 529.

Die Dichtigkeiten der Mittel des Auges haben auch etwas Unregelmäſsiges. Die Krystalllinse besteht aus Schichten von ungleicher Dicke und wachsender Dichtigkeit von der Oberfläche zum Mittelpunkt; und, ohne die Ideen des Hrn. Vallée anzunehmen, steht zu glauben, daſs auch die Glasfeuchtigkeit nicht vollkommen homogen sey.

Nach allen diesen Thatsachen ist es wenig wahrscheinlich, daſs die beiden Brennpunkte F und f des dünnen Lichtbündels, der nach mehren Brechungen in die Glasfeuchtigkeit eingedrungen ist, zu einem einzigen verfliefsen, wie wenn die Strahlen durch künstliche, wohl centrirte und homogene Linsen gegangen wären [1]). Ich glaube demnach, daſs im Auge die jedem von einem äuſseren Punkt herkommenden Lichtbündel eigene Brennstrecke Ff nicht Null ist, sondern bloſs sehr klein, ein oder höchstens zwei Millimeter. Nach allgemeiner Meinung der Physiologen nehme ich an, daſs es bloſs die Netzhaut sey, welche den Lichteindruck empfängt (oder, nach Melloni und Brewster, die choroïdische Hülle, die sich unmittelbar unter der Netzhaut befindet, da diese durchsichtig ist). Da der centrale Strahl, auf welchem die Brennpunkte F und f liegen, fast senkrecht ist auf der Fläche der Netzhaut, so wird der Punkt, von dem

1) Th. Young selbst bemerkt in seiner Abhandlung (p. 30), nach Newton und Smith, „daſs eine sphärische Fläche nicht vermöge ein Bündel schiefer, von einem Punkt ausgegangener Strahlen in einem physischen Brennpunkt zu vereinigen. Diese Vereinigung geschieht nur für Strahlen, gelegen in dem Durchschnitt des Bündels, den eine durch den Mittelpunkt und den Lichtpunkt gelegte Ebene macht. Diese Strahlen bleiben, ungeachtet der Brechung, in dieser Ebene, und schneiden folglich nicht die Strahlen der seitlichen Durchschnitte, bis sie zur Axe gelangen. Der geometrische Brennpunkt wird sonach eine Linie, ein Kreis, ein Oval oder eine andere Figur, je nach der Gestalt des Bündels, der Natur der Oberfläche und dem Ort der das Bild auffangenden Ebene. Die Mannigfaltigkeiten des Focalbildes von einem cylindrischen, schief gebrochenen Bündel sind durch eine Figur in der Abhandlung abgebildet."

die Lichtstrahlen ausgehen, mit hinreichender Deutlichkeit gesehen werden, wenn die Linie *Ff*, obgleich sehr kurz, die Netzhaut in einem zwischen den beiden Brennpunkten *F* und *f*, oder selbst noch etwas jenseits *F* oder diesseits *f* liegenden Punkte trifft, denn alsdann wird das dünne Lichtbündel, welches die Pupille durchgelassen hat, auf der Fläche der Netzhaut einen ungemein kleinen Raum einnehmen, einen unvergleichlich geringeren als die in diesem Bündel dicht bei der Krystalllinse gemachten Durchschnitte. Das Bild eines bloßen Punktes kann dann freilich auf der Netzhaut ausgedehnter in Länge als in Breite seyn; allein da das Licht verdichteter ist in der Mitte dieses Bildes, und seine beiden Dimensionen, obwohl ungleich, von ungemeiner Kleinheit sind, so begreift man, daſs, bei Anschauung eines Gegenstandes von endlicher Ausdehnung, die benachbarten Punkte dieses Gegenstandes Bilder auf der Netzhaut geben werden, die sich zum Theil im Sinne ihrer Länge überdecken, so daſs sie durch ihre Gesammtheit ein ziemlich deutliches und wohl begränztes Bild vom Gegenstand geben [1]).

Hiedurch erklärt sich, wie die Entfernung eines Gegenstandes vom Auge innerhalb gewisser Gränzen variiren kann, ohne daſs auf der Netzhaut die Bilder der

1) Man muſs übrigens erwähnen, daſs die Figur des gebrochenen Lichtbündels, wie ich sie beschrieben, nur für ein unendlich dünnes Bündel strenge richtig seyn würde, was sagen will, daſs, je kleiner die Oeffnung ist, durch welche das Lichtbündel geht, dieses desto mehr der oben abgebildeten Form näher kommt. Begreiflich kann die Oeffnung der Pupille, welche die Dienste eines Diaphragma vertritt, so groſs werden, daſs die Figur des Bündels etwas verschieden wird von der, welche die Theorie für ein unendlich dünnes Bündel nachweist. Alsdann müssen die beiden Striche *cfc'*, *CFC'* eine merkliche Breite annehmen, sich etwas verlängern und krümmen; denn sie werden zu kleinen Stücken der beiden Wölbungen der Brennfläche, zu welcher die gebrochenen Strahlen tangentiell sind, Stücke, die ziemlich ähnlich sind zweien Elementen von rechteckiger Form, genommen auf zwei Cylinderflächen, deren Kanten unter sich und gegen den centralen Strahl winkelrecht sind.

verschiedenen Punkte dieses Gegenstandes bis zum Verwaschen und einem zu starken, das Sehen störenden, Uebereinandergreifen gröfser werden.

Nähert oder entfernt sich der Gegenstand, so wird das dünne Lichtbündel, welches von einem Punkt dieses Gegenstands ausgegangen und durch das Auge gedrungen ist, seine Form allmälig ändern; die beiden Brennpunkte F und f am Grunde des Auges werden sich gleichzeitig verschieben, in gleichem Sinne wandern und immer nahe bei einander bleiben; es braucht nur einer von ihnen noch ziemlich nahe bei der Netzhaut zu bleiben, damit das Bild nur einen kleinen Raum auf der Netzhaut einnehme und das Sehen nicht aufhöre deutlich zu seyn. Ueberdiefs können andere Umstände zu dieser Kleinheit des Bildes beitragen, nämlich, Contraction der Iris, unwahrnehmbare Verschiebung des Kopfes, sobald das Auge den Gegenstand fixirt oder sich von einem Gegenstand auf einen andern richtet (was die Neigungen der Strahlen etwas ändert), und vielleicht auch geringe Aenderung in der Krümmung der Krystalllinse.

Wenn der Gegenstand zu nah oder zu fern ist, wird das Sehen verworren werden können, weil die beiden, jeden Punkt des Gegenstandes entsprechenden Brennpunkte F und f sich zu weit von der Netzhaut oder auch zu weit von einander befinden. Ein Auge, welches den Fehler hat, dafs es für gewöhnliche Abstände eine zu weit vor oder hinter der Netzhaut liegende Brennstrecke Ff giebt, wird myops oder kurzsichtig seyn; und diefs geschieht, wenn die Convexität der Hornhaut oder Krystalllinse zu stark oder zu schwach ist.

Einen andern Fehler hat das Auge, wenn die beiden Brennpunkte F und f zu weit auseinanderstehen; diefs mufs erfolgen, wenn die Hornhaut oder Krystalllinse in sofern mifsbildet ist, dafs der dem Pupillenloch entsprechende Theil zu sehr von der Kugelgestalt abweicht. Ein merkwürdiges Beispiel dieses Fehlers, das

mei-

meiner Theorie zur Stütze gereicht, hat Hr. Airy beschrieben. Er beobachtete zuerst beim Lesen, dafs er mit dem linken Auge nicht sehen konnte, er mit diesem Auge nicht die Buchstaben unterschied, in welchen Abstand er sie auch bringen mochte. Er bemerkte darauf, dafs das Bild, welches ein Lichtpunkt, z. B. ein Stern oder eine sehr entfernte Kerzenflamme, in seinem linken Auge hervorbrachte, nicht kreisrund war, sondern eine Ellipse, deren grofse Axe, nach der Rechten aufsteigend, einen Winkel von etwa 35 Grad mit der Verticalen machte. Durch biconcave Fernröhre, die ihm entfernte Gegenstände mit dem rechten Auge deutlich sehen liefsen, erblickte er mit seinem linken Auge einen entfernten Lichtpunkt als eine wohl begränzte Linie, die, genau in Richtung und fast in Länge, der grofsen Axe der eben erwähnten Ellipse entsprach. Er fand auch, dafs, wenn er zwei schwarze, sich rechtwinklich schneidende Linien auf Papier zog, und diefs Papier in zweckmäfsiger Stellung in eine gewisse Entfernung vom Auge brachte, die eine dieser Linien sehr deutlich, die andere dagegen kaum sichtbar war. Als er das Papier dem Auge näherte, verschwand die Linie, die deutlich gewesen, und die andere wurde mit Schärfe sichtbar.

Diese Erscheinungen zeigten ihm an, dafs die Brechung des Auges gröfser war in einer fast senkrechten Ebene als in einer darauf rechtwinklichen, und dafs es ihm daher nicht möglich war, mittelst sphärischer Linsen deutlich zu sehen. Freilich konnte er Gegenstände unverworren sehen, wenn er eine concave Linse schief drehte oder durch die Ränder dieser Linse schaute; allein in beiden Fällen war die Entstellung so grofs, dafs er nicht hoffen konnte sein linkes Auge ohne ein wirksameres Hülfsmittel zu gebrauchen.

Hr. Airy hob diesen Uebelstand, indem er eine biconcave Linse gebrauchte, die vorn eine cylindrische und hinten eine sphärische Fläche hat. Diese Linse bricht

die mit ihrer Axe parallelen Strahlen in solcher Weise, dafs in der Ebene, gelegt durch die Axe der Linse und die Axe der vorderen Cylinderfläche, die Strahlen weniger divergent (oder divergent von einem gröfseren Abstand) sind, als in der auf der Axe der Cylinderfläche winkelrechten Ebene. Um zu bestimmen, welche Krümmungen er den beiden Seiten seiner Linse geben müsse, damit die Ungleichheit der Brechung seines linken Auges berichtigt würde, machte Hr. Airy eine neue Beobachtung. Durch ein kleines Loch in einer Karte betrachtete er ein weifses, stark beleuchtetes Papier; er erblickte einen Punkt des Papiers in 6 Zoll Entfernung von seinem Auge als eine kleine wohlbegränzte Linie von 35 Grad Neigung gegen die Senkrechte und von etwa 2 Grad Winkelgröfse; in $3\frac{1}{4}$ Zoll Entfernung erschien der Punkt als eine andere Linie winkelrecht auf der ersten und von gleicher scheinbaren Länge.

Diese verschiedenen, von Hrn. Airy beobachteten Erscheinungen erkläre ich mir nun folgendergestalt. Für einen Lichtpunkt in 6 Zoll Entfernung mufste der Brennpunkt F oder vielmehr die kleine Linie CFC' sich auf der Netzhaut befinden, und, wenn der leuchtende Punkt sich entfernte, mufsten die Brennpunkte F und f beide von der Netzhaut aus vorrücken, so dafs das Bild eines sehr entfernten Punkts sich unter Gestalt einer Ellipse zeigen mufste, und durch Dazwischensetzung einer biconcaven Linse, die den Brennpunkt F zurück auf die Netzhaut führte, wieder linear werden konnte.

Schon Th. Young hat eine solche, obgleich weniger merkliche Ungleichheit der Brechung mittelst des Porterfield'schen Optometers nachgewiesen. Betrachtet man eine gerade schwarze Linie, gezogen auf horizontaler weifser Pappe, durch zwei feine Spalten oder zwei kleine, einander sehr nahe Löcher in einem Schirm, den man fast senkrecht stellt gegen die schwarze Linie, so erscheint ein Theil dieser Linie, der nächste am Auge,

als zwei Linien, welche für ein weitsichtiges Auge einander näher kommen, bei Entfernung vom Auge dünner werden und von einem gewissen Punkt der schwarzen unbegränzten Linie aus sich zu einer einzigen vereinigen, wogegen sie für ein kurzsichtiges Auge sich erst nähern, dann in einem gewissen Punkt vereinigen, hierauf etwas weiterhin trennen, und breiter werdend immer mehr auseinanderweichen. Der Abstand von der Hornhaut, wo die beiden Linien zusammenfliefsen, und jenseits dessen jeder Punkt doppelt erscheint, ist das, was Young die Entfernung des *vollkommenen Sehens* nennt.

Folgendes ist die von ihm beobachtete Thatsache (p. 39 s. Abh.). »Mein Auge, sagt er, vereint im Zustand der Ruhe, zu einem Brennpunkt auf der Netzhaut die Strahlen, die vertical von einem 10 Zoll von der Hornhaut entfernten Gegenstand divergiren, und diejenigen, die horizontal von einem 7 Zoll entfernten Gegenstand divergiren; denn wenn ich die Ebene des Optometers vertical stelle, scheinen die beiden Bilder der schwarzen Linie sich in 10 Zoll Entfernung zu schneiden, und stelle ich sie horizontal in 7 Zoll. Ich habe niemals eine Unbequemlichkeit von dieser Unvollkommenheit empfunden, und glaube kleine Gegenstände mit eben der Genauigkeit wahrnehmen zu können, wie die, deren Augen anders gestaltet sind. Hr. Cary hat mir gesagt, er habe oft Aehnliches beobachtet, und viele Personen seyen genöthigt eine concave Brille schief zu halten, um deutlich zu sehen, somit durch Neigung der Gläser das zu grofse Brechvermögen des Auges im Sinne dieser Neigung contrabalancirend. Der Unterschied liegt nicht in der Hornhaut, denn er besteht noch, wenn man die Wirkung der Hornhaut entfernt (durch Vorsetzung, wie er's that, einer mit Wasser gefüllten und durch eine biconvexe Linse begränzten Röhre vor die Hornhaut).«

Und an einer anderen Stelle: »Betrachte ich einen

Punkt, z. B. das Bild einer Kerzenflamme in einem kleinen Hohlspiegel, so erscheint er (man sehe die Figur bei Young) als strahlender Stern oder als (unförmliches) Kreuz, oder als ungleiche Linie, aber niemals als vollkommener Punkt, wenigstens wenn ich nicht eine concave Linse zweckmäfsig geneigt anwende. Diese Figuren haben eine bedeutende Analogie mit den durch Brechung schiefer Strahlen entstandenen Bildern (S. 68 d. Abh.).

Hr. Herschel sagt in seiner *Optik*, dafs die Mifsbildungen bei der Hornhaut viel häufiger vorkommen, als man es im Allgemeinen glaubt, und wenige Augen frei davon seyen. Ich glaube nach alle dem Vorausgeschickten, dafs ein geringer Fehler in der Sphäricität und Symmetrie sowohl der Hornhaut als der Krystalllinse der gewöhnliche und normale Zustand ist, und dafs diese Unregelmäfsigkeit nur zu einer Unvollkommenheit des Auges wird, wenn sie die gehörigen Gränzen überschreitet.

Es wird nicht überflüssig seyn, noch über diesen Gegenstand einige Beobachtungen des Hrn. Plateau anzuführen. Hr. P., bekannt durch seine sinnreichen Untersuchungen über die Gesichts-Erscheinungen, hat erwiesen [1]), *dafs das Sehen nicht nach allen Richtungen um die optische Axe in symmetrischer Weise geschieht.* Als er diese sonderbaren Erscheinungen bemerkte, glaubte er anfangs, sie entsprängen aus einer besonderen Beschaffenheit seiner Augen; allein später erkannte er, dafs ähnliche Erscheinungen mehr oder weniger deutlich bei den meisten, wenn nicht bei allen, Augen vorkommen; denn er traf keine Person, der nicht wenigstens einer der folgenden Versuche gelang.

Man ziehe auf weifser Pappe zwei schwarze Streifen unter rechtem Winkel, beide 8 bis 9 Millimeter breit. Man lege die Pappe an einen recht hellen Ort, und zwar so, dafs der eine Streifen horizontal und der an-

1) *Bullet. de l'acad. de Bruxelles*, 1834, *No.* 27.

dere vertical sey, dann entferne man sich etwa zwanzig Schritt. Bei dieser Entfernung erscheint der horizontale Streifen für gewisse Augen breiter und schwärzer als der verticale, und für andere Augen ist es umgekehrt. Neigt man den Kopf, so dafs die Linie, welche die beiden Augen verbindet, vertical sey, so wird der Erfolg umgekehrt. Neigt man den Kopf etwa 45 Grad, oder läfst man den Kopf gerade und dreht die Karte so, dafs beide Linien gleiche Neigung gegen den Horizont erhalten, so erscheinen sie von einerlei Breite und Färbung. Analoge Effecte erhält man mit einem weifsen Kreuze auf schwarzem Grund.

Betrachtet man einen schwarzen Ring von etwa 5 Millim. Breite auf weifsem Grund, oder einen weifsen auf schwarzem, so erscheint der Ring breiter und stärker gefärbt an zwei gegenüberstehenden Stellen, die, für gewisse Augen, oben und unten, für andere seitwärts liegen. Für einige Personen liegen diese Stellen auf den Enden eines gegen den Horizont schiefen Durchmessers. Neigt man den Kopf, so folgt der Effect beständig der Lage der Augen. Mehre concentrische Ringe bewirken noch auffallendere Erscheinungen. Die parallelen Striche eines Kupferstichs erscheinen auch weitläufiger und deutlicher, je nach ihrer Neigung gegen den Horizont und der Entfernung, in welche man sie versetzt. Betrachtet man endlich einen Kupferstich, worin sich zwei Systeme von Strichen rechtwinklich schneiden, und entfernt sich langsam, so die Augen stellend, dafs die einen Striche horizontal und die anderen vertical werden, so hört das eine der beiden Systeme vor den andern auf deutlich zu seyn.

Die Form, welche ich für die beiden Lichtbündel am Augengrunde nachgewiesen habe, erklärt auch seinen scheinbaren Achromatismus. Verschiedene Versuche von Wollaston, Young und Fraunhofer, bestätigt durch Arago und Dulong, haben positiv gezeigt, dafs das Auge

nicht achromatisch ist, d. h. dafs es jeden heterogenen Lichtstrahl *zerstreut*. Die Abwesenheit bunter Streifen in den Bildern betrachteter Gegenstände wird, sehr besondere Fälle abgerechnet, gemeiniglich von der Zartheit des durch das Pupillenloch gegangenen Lichtbündels abgeleitet, so wie auch davon, dafs die ungleich brechbaren Strahlen, als fast normal auf die Flächen der Mittel fallend, sehr wenig von einem gewissen centralen Strahle, der kaum abgelenkt und zerstreut wird, abweichen können, so dafs das auf der Netzhaut (oder in seiner Dicke) geformte Bild daselbst nur einen kleinen Raum einnimmt. Ich glaube diese Erklärung vollständiger und genügender machen zu können, indem ich hinzufüge, dafs wenn, nach meinen Grundsätzen, ein sehr dünnes, von einem Punkt ausgegangenes Lichtbündel im Auge gebrochen und zerstreut wird, die den wenigst brechbaren einfachen Strahlen eigene und auf dem centralen wenigst abgelenkten Strahl gemessene Brennstrecke Ff, in Richtung nahe zusammenfällt mit einer anderen Brennstrecke $F'f'$, die den meist brechbaren einfachen Strahlen angehört, und dafs diese beiden Strecken ein Stück $F'f$ gemeinschaftlich haben, rings welches die Strahlen verschiedener Farben sich verdichten und überdecken, so dafs sie durch ihre Vermengung die Farbe des äufseren Gegenstandes wieder zusammensetzen. Diese Ueberdeckung der verschiedenen Strahlen vermindert den oben erwähnten Uebelstand, dafs man, wenn die Strahlen homogen sind, statt eines einfachen Punkts, ein mehr langes als breites Bild auf der Netzhaut erhält.

Diese Theorie vom Gange der Strahlen im Auge bedürfte einer Bestätigung durch Versuche, die, um beweisend zu seyn, etwas feine Vorrichtungen und Messungen erfordern. Ich sage hier nichts von meinen Probeversuchen, da sie noch nicht die nöthige Genauigkeit haben.

(Schlufs im siebenten Heft.)

VIII. *Hygrometrische Studien; von Hrn. V. Regnault.*

(*Compt. rend. T. XX p.* 1127 *et* 1220.)

Die allgemeine Aufgabe der Hygrometrie besteht in der Bestimmung der Menge vom Wasserdampf, die zu irgend einem Zeitpunkt in einem gegebenen Luftvolum enthalten ist, und des Verhältnisses zwischen dieser Menge und der sie einschliefsenden Luftmenge, wenn sie die gröfstmögliche Menge davon enthält, d. h. damit gesättigt ist. Die zu diesem Zwecke vorgeschlagenen Methoden sind zweierlei Art.

Die ersteren Methoden sind rein chemische. Sie bestehen darin, dafs man mittelst sehr wassergieriger Substanzen den in einem bekannten Luftvolum enthaltenen Wasserdampf absorbirt und dessen Gewicht durch die Wage bestimmt. Die anderen sind auf gewisse physikalische Erscheinungen begründet, z. B. auf die mehr oder weniger grofsen Verlängerungen, die organische Substanzen in einer mehr oder weniger mit Feuchtigkeit gesättigten Luft erleiden, oder auf die Bestimmung der Temperatur, bis zu welcher man die Luft erkälten mufs, damit sie durch den von ihr eingeschlossenen Wasserdampf gesättigt werde.

Alle diese Methoden setzen die genaue Kenntnifs gewisser physikalischer Gesetze und mehrer Zahlenangaben voraus, nämlich:

1) Eine richtige Tafel über die Spannkräfte des Wasserdampfs beim *Sättigungszustande der Luft* für alle Temperaturen der Atmosphäre.

2) Die Dichte des Wasserdampfs gegen Luft unter gleichen Umständen genommen, wenn *die Luft mit Dampf gesättigt ist.*

3) Die Dichte desselben Dampfs, wenn die Luft mehr oder weniger unvollständig mit ihm gesättigt ist.

Die Abhandlung, die ich heute die Ehre habe vorzulegen, enthält die Resultate zahlreicher, seit mehren Jahren von mir angestellter Versuche über diesen Theil der allgemeinen Physik, der, ungeachtet der Anstrengungen verschiedener ausgezeichneter Physiker, noch viele Unsicherheiten enthält. Ich zerfälle diese Arbeit in zwei Theile: in dem ersten beschäftige ich mich mit den Fundamentaldaten, in dem zweiten mit den hygrometrischen Verfahrungsweisen.

Erster Theil. Von den Spannkräften des Wasserdampfs in der Luft.

Die Spannungsmaxima des Wasserdampfs im Vacuo sind durch eine große Zahl von Experimentatoren bestimmt worden; allein die Resultate ihrer Versuche weichen viel zu sehr von einander ab, als daſs man das Gesetz derselben für ganz sicher festgesetzt halten könnte. Ich selbst habe neuerlich hierüber eine grofse Zahl von Versuchen angestellt, nach verschiedenen Methoden, und, wie ich glaube, mit allen Genauigkeitsmitteln, welche die Wissenschaft gegenwärtig darbietet [1]). Da die Resultate, die ich durch diese verschiedenen Methoden erhielt, immer gleich blieben, so halte ich mich für berechtigt, die nach diesen Versuchen berechnete Tafel für vorzüglicher als alle vordem veröffentlichten anzusehen, und ich werde sie demnach in dem Folgenden zur Berechnung der Spannungsmaxima des Wasserdampfs im Vacuo ausschliefslich anwenden.

Bei hygrometrischen Beobachtungen bedarf es der Kenntniſs der Spannkraft des Wasserdampfs nicht im Vacuo, sondern in der Luft unter dem Druck der Atmos-

1) Man wird diese Arbeit in dem ersten der nächstens erscheinenden Ergänzungshefte finden. P.

phäre. Nach Annahme der Physiker sind diese Spannkräfte durchaus dieselben wie im Vacuo. Vergebens habe ich in den Annalen der Wissenschaft gesucht, auf welche Versuche diese Einerleiheit begründet sey, und ich glaube nicht, dafs man mittelst der in den Lehrbüchern beschriebenen Apparate hinreichend genaue Versuche anstellen könne, um hinsichtlich dieses Gegenstandes jeden Zweifel zu heben.

Zur Entscheidung dieser schwierigen Frage schienen mir neue Versuche erforderlich, angestellt mit ganz ähnlichen Apparaten, wie ich sie zur Bestimmung der Spannungen des Wasserdampfs im Vacuo ausgeführt habe, damit die Resultate beider Reihen von Versuchen vergleichbar seyen.

Die Spannungen des Wasserdampfs bei Sättigung der Luft lassen sich mittelst des Apparats bestimmen, den ich in meiner Abhandlung über die *Spannkraft des Wasserdampfs* beschrieben habe. Nur ersetzt man den Apparat von zwei Barometern durch ein System von zwei gemeinschaftenden Röhren, wie in Fig. 8 Taf. II (des *Ergänzungsheftes*) [1]) vorgerichtet, und man bringt bei jedem Versuch den Quecksilberspiegel sorgfältig auf einen und denselben, auf der Röhre *pq* gezogenen, Merkstrich, damit das Volum der Luft immer dasselbe bleibe und blofs ihre Spannkraft sich ändere.

Vorher bringt man in den Ballon ein mit Wasser gefülltes und vor der Lampe zugeschmolzenes Kügelchen. Man trocknet den Ballon vollkommen aus, und füllt ihn endlich mit trockner Luft unter dem Druck der Atmosphäre, während der Ballon mit schmelzendem Eise umgeben ist. Während der Ballon noch frei mit der Luft gemeinschaftet, bringt man das Quecksilber genau auf den Merkstrich der Röhre *pq*, und verschliefst darauf die Röhre *lf* (Fig. 1) vor der Lampe. Man nimmt das den Ballon umgebende Eis fort, füllt das Gefäfs *VV'* mit

1) Auf diese Kupfertafel beziehen sich alle Figuren dieser Abhandlung.

Wasser, und bringt diefs nach und nach auf immer höhere Temperatur. Bei jeder Beobachtung führt man das Quecksilber auf den Merkstrich *pq* der Röhre zurück, unterhält das Wasser des Gefäfses auf eine stationäre Temperatur, wie in meiner Abhandlung gesagt ist, bestimmt den Höhenunterschied der beiden Quecksilbersäulen und beobachtet das Barometer. Der Apparat functionirt sonach als Luftthermometer, und man versichert sich, dafs seine Angaben genau mit denen eines in dasselbe Wasser getauchten Quecksilberthermometers übereinstimmen.

Hierauf nimmt man das Wasser des Gefäfses fort, bringt durch Annäherung einiger glühenden Kohlen unter den Ballon das Kügelchen zum Platzen, und beginnt an der mit Feuchtigkeit gesättigten Luft dieselbe Reihe von Beobachtungen, die zuvor an trockner Luft gemacht worden. Der Unterschied der in diesen beiden Fällen, und zwar bei gleicher Temperatur gefundenen Spannkräfte ist offenbar gleich der Spannung des Wasserdampfs bei Sättigung der Luft für dieselbe Temperatur.

Die Spannung des Wasserdampfs in der Luft läfst sich nicht mit derselben Genauigkeit bestimmen, wie die im Vacuo. Sie erfordert eine gröfsere Zahl von Messungen, und der bei Ausdehnung der Luft begangene Fehler addirt sich zu dem bei der Spannkraft vorhandenen. Ueberdiefs tritt im Vacuo das Spannungsmaximum des Dampfes augenblicklich ein, während in der Luft zur Herstellung desselben eine ziemlich lange Zeit erforderlich ist. Es ist nöthig sich durch wiederholte Beobachtungen nach längeren Zwischenzeiten und bei einer und derselben stationären Temperatur zu versichern, dafs die Spannung nicht mehr steige.

Zur gröfseren Sicherheit machte ich eine erste Versuchsreihe, wobei das Wasser des Gefäfses stufenweise in seiner Temperatur erhöht wurde, so dafs die Luft eine neue Menge Dampf aufnehmen mufste; dann machte ich eine zweite, bei der im Gegentheil die Temperatur des

Wassers stufenweise erniedrigt wurde, damit die Luft eben so einen Antheil Wasser fallen ließe. Die Spannkräfte des Wasserdampfs mußsten, bei gleichen Temperaturen, dieselben seyn in beiden Fällen.

Auf diese Weise wurden die in den folgenden Tafeln angegebenen Resultate erhalten. Das Wasser, welches die Kügelchen füllte, wog etwa 1,5 Grm.; es war destillirt, aber nicht ausgekocht, enthielt also so viel Luft, als es bei gewöhnlicher Temperatur lösen konnte.

Die zweite und sechste Spalte der Tafel enthalten die in der Luft beobachteten Spannungen, die dritte und siebente die Spannkräfte des Wasserdampfs im Vacuo, berechnet für dieselben Temperaturen mittelst der Tafel meiner früheren Abhandlung.

Tafel I. — Spannung des Wasserdampfs in der Luft.

Temperatur C°.	Spannung in der Luft beob.	Spannung im Vacuo berechn.	Unterschiede.	Temperatur C°.	Spannung in der Luft beob.	Spannung im Vacuo berechn.	Unterschiede.
	mm.	mm.	mm.		mm.	mm.	mm.
0,00	4,47	4,60	—0,13	31,00	32,97	33,41	—0,44
12,48	10,08	10,77	—0,69	31,00	33,16	33,41	—0,25
12,59	10,31	10,85	—0,54	34,25	39,98	40,13	—0,15
14,57	11,83	12,36	—0,53	18,26	15,06	15,61	—0,55
14,60	11,91	12,39	—0,48	18,22	15,04	15,57	—0,53
15,00	12,38	12,70	—0,32	22,12	19,07	19,81	—0,74
15,05	12,46	12,74	—0,28	22,15	19,15	19,84	—0,69
18,24	15,32	15,59	—0,27	25,72	24,14	24,59	—0,45
18,23	15,48	15,58	—0,10	25,74	24,05	24,62	—0,57
21,07	18,28	18,58	—0,30	29,28	29,66	30,28	—0,62
21,00	18,27	18,49	—0,22	29,32	29,79	30,35	—0,56
23,15	20,74	21,08	—0,34	32,80	36,45	37,00	—0,55
23,10	20,77	21,02	—0,25	32,78	36,39	36,96	—0,57
24,69	22,70	23,13	—0,43	35,97	43,39	44,13	—0,74
24,69	22,73	23,13	—0,40	35,95	43,48	44,08	—0,60
27,88	27,59	27,91	—0,32	37,96	48,70	49,20	—0,50
27,91	27,65	29,96	—0,31	38,00	48,70	49,30	—0,60

Tafel II. — Spannung des Wasserdampfs in Stickgas.

Temperatur C°.	Spannung im Stickgas beob.	Spannung im Vacuo berechn.	Unterschied.	Temperatur C°.	Spannung im Stickgas beob.	Spannung im Vacuo berechn.	Unterschied.
	mm.	mm.	mm.		mm.	mm.	
0,00	4,31	4,60	—0,29	5,27	5,99	6,66	—0,67
0,00	4,43	4,60	—0,17	5,27	5,96	6,66	—0,70
0,00	4,44	4,60	—0,16	13,12	10,58	11,25	—0,67
16,49	13,29	13,96	—0,67	13,16	10,67	11,30	—0,63
16,50	13,36	13,98	—0,62	17,19	14,07	14,60	—0,53
15,71	12,64	13,29	—0,65	17,19	14,07	14,60	—0,53
15,75	12,72	13,33	—0,61	21,46	18,65	19,03	—0,38
12,87	10,26	11,07	—0,81	21,46	18,61	19,03	—0,42
12,89	10,35	11,08	—0,73	25,50	23,71	24,27	—0,56
10,90	9,14	9,73	—0,59	25,52	23,71	24,31	—0,60
10,99	9,19	9,78	—0,59	28,92	28,96	29,65	—0,69
8,56	7,67	8,33	—0,66	28,90	28,81	29,61	—0,80
8,59	7,74	8,34	—0,60	32,50	35,92	36,38	—0,46
7,54	7,06	7,77	—0,71	32,53	36,01	36,45	—0,44
7,59	7,17	7,79	—0,62				

Tafel III. — Spannung des Wasserdampfs in Stickgas.

Temperatur C°.	Spannung im Stickgas beob.	Spannung im Vacuo berechn.	Unterschied.	Temperatur C°.	Spannung im Stickgas beob.	Spannung im Vacuo berechn.	Unterschied.
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
18,91	15,97	16,26	—0,29	29,56	30,15	30,77	—0,62
18,95	16,03	16,30	—0,27	29,58	30,16	30,81	—0,65
15,90	12,69	13,45	—0,76	31,88	34,51	35,16	—0,65
15,92	12,75	13,47	—0,72	31,90	34,53	35,21	—0,68
20,00	16,78	17.39	—0,61	34,30	39,58	40,24	—0,66
19,98	16,72	17,37	—0,65	34,32	39,54	40,28	—0,74
21,80	18,71	19,43	—0,72	37,75	47,67	48,65	—0,98
21,79	18,72	19,42	—0,70	37,77	47,73	48,70	—0,97
23,88	21,34	22,03	—0,69	37,74	47,80	48,63	—0,83
23,90	21,33	22,06	—0,73	39,81	53,63	54,36	—0,73
25,44	23,41	24,18	—0,77	39,81	53,70	54,36	—0,66
25,44	23,47	24,18	—0,71	39,81	53,72	54,36	—0,64
26,96	25,63	26,44	—0,81	31,00	32,68	33,41	—0,73
26,97	25,76	26.44	—0,68	30,99	32,66	33,39	—0,73

Aus der Tafel I sieht man, dafs die Spannungen des Wasserdampfs in der Luft beständig etwas kleiner sind als im Vacuo. Ich fürchtete, es könnte diefs Folge der Absorption einer geringen Portion Sauerstoff der Luft

durch das Quecksilber seyn, da der Versuch mir gezeigt, dafs in feuchter und etwas heifser Luft das Quecksilber sich rasch an der Oberfläche oxydirt. Um diese muthmafsliche Fehlerquelle zu vermeiden, wurde bei den zwei andern Versuchsreihen der Ballon mit Stickgas gefüllt; allein die Versuche blieben noch dieselben, wie man aus den Tafeln II und III ersieht.

Daraus scheint hervorzugehen, dafs die Spannung des Wasserdampfs wirklich in der Luft etwas geringer ist als bei gleicher Temperatur im Vacuo; allein der Unterschied ist sehr gering, und es steht zu fürchten, dafs er nur durch einen constanten Fehler im Verfahren bewirkt worden sey. Meine Bemühungen, die Ursache eines solchen Fehlers aufzufinden, sind ohne Erfolg geblieben.

Ich habe mir vorgenommen, die Spannkräfte des Aetherdampfs im Vacuo und in der Luft mit gröfster Sorgfalt zu bestimmen. Da diese Spannkräfte bei den atmosphärischen Temperaturen weit beträchtlicher sind, als die des Wasserdampfs, so steht zu hoffen, dafs man daran leichter erkennen werde, ob die Spannungen in den beiden Fällen einerlei seyen oder nicht.

Einstweilen werden wir bei den Rechnungen, die wir behufs der theilweis gesättigten Luft zu machen haben, die in der mehrmals erwähnten Tafel angegebenen und auf das Vacuum sich beziehenden Spannkräfte annehmen. Es wird späterhin immer leicht seyn, die erforderliche Berichtigung zu machen, falls es sich erwiese, dafs diese Spannungen wirklich etwas gröfser wären, als die in der Luft vorhandenen.

Von der Dichtigkeit des Wasserdampfs.

Welche Dichtigkeit hat der Wasserdampf im Vacuo und in der Luft, beim Sättigungs- und Nichtsättigungszustand, für verschiedene Temperaturen und unter verschiedenem Druck?

Insgemein nehmen die Physiker an, man dürfe nur durch einen directen Versuch die Dichtigkeit des Wasserdampfs für einen einzigen Werth der Temperatur und des Drucks zu bestimmen; daraus könne man dann, mit Hülfe des Mariotte'schen Gesetzes und der gleichförmigen Ausdehnung der Gase, die Dichtigkeiten dieses Dampfs für alle übrigen Umstände berechnen. Nun aber hat die Erfahrung gelehrt, dafs diese Gesetze für die meisten Gase, selbst sehr entfernt von ihrem Liquefactionspunkt, nicht strenge richtig sind; es war also zu fürchten, dafs für den Wasserdampf, vor allem im Sättigungszustand, d. h. gerade beim Punkte der Flüssigwerdung, dasselbe gelten werde.

Man erhält einen theoretischen Werth für die Dichtigkeit des Wasserdampfs, wenn man auf demselben das Gay-Lussac'sche Gesetz über die Zusammensetzung der Gase anwendet. Denn es wiegen:

2 Volume Wasserstoff	0,1382
1 Volum Sauerstoff	1,1055
mithin 2 Volume Wasserdampf	1,2437;

hienach ist also die Dichtigkeit des Wasserdampfs theoretisch:

0,62185.

Es fragt sich nun, ob die Dichtigkeiten des Wasserdampfs unter den verschiedenen Umständen aus dieser theoretischen Dichtigkeit berechnet werden können. Mit den Elementen, die wir gegenwärtig in der Wissenschaft besitzen, ist es unmöglich diese Frage zu beantworten. Freilich haben wir über die Dichtigkeit des Wasserdampfs eine grofse Zahl von Bestimmungen, unter den verschiedenartigsten Umständen, von sehr vielen Experimentatoren angestellt; allein sie weichen so aufserordentlich von einander ab, dafs es unmöglich ist, darin das Wahre zu erkennen. Man wird diefs aus folgenden Angaben beurtheilen [1].

1) Sie sind aus einer Abhandlung von Hrn. Schmedding genommen, von der weiterhin die Rede seyn wird.

	Temp. C°.			Temp. C°.	
Watt	100	0,6364	Southern	109,45	0,6479
Davy	mittl.	0,6666	- -	132,23	0,6957
Dalton	dito	0,7000	- -	146,13	0,7095
Saussure	5,94	0,7409	Muncke	0,00	0,8274
- -	7,73	0,6858	- -	3,75	0,8469
- -	18,95	0,6833	- -	7,50	0,8836
Clément }	12,50	0,5311	- -	8,44	0,8892
et Desorm. }	12,50	0,5471	- -	9,38	0,9076
Anderson	9,45	0,6523	- -	12,50	0,8662
- -	15,00	0,6630	- -	15,00	0,7957
- -	25,00	0,6324	- -	18,75	0,7186
- -	28,34	0,6251	- -	20,00	0,6594
Mayer	18,75	0,8012	- -	22,50	0,6940
Despretz	17,44	0,5852	- -	23,75	0,7214
- -	19,31	0,7037	- -	24,37	0,7335
Gay-Lussac	100,00	0,6235	- -	27,50	0,7335
Brunner	9,50	0,6490	- -	37,50	0,6501
Schmidt	100,00	0,7220	- -	43,75	0,6348

Offenbar sind die meisten dieser Resultate ganz unrichtig, und man braucht nur die Verfahrungsweisen der Verfasser zu lesen, um sogleich zu erkennen, daſs die Resultate der meisten von ihnen nicht das mindeste Zutrauen einflöſsen können.

Im Allgemeinen haben die Physiker die von Hrn. Gay-Lussac aufgestellte Dampfdichte $\frac{10}{16}$ angenommen; diese Zahl weicht wenig von der theoretischen Dichtigkeit ab. Es ist bemerkenswerth, daſs sie nicht beim Sättigungspunkt bestimmt ward, sondern bei Dampf von 100° C. unter einem schwächeren Druck als der von 0m,76.

Ein deutscher Physiker, Hr. Schmedding, hat vor einigen Jahren in Poggendorff's Annalen, Bd. 27, S. 40, eine ausführliche und sorgfältige Arbeit veröffentlicht, in der er das Gewicht des Wasserdampfs bestimmte, der beim Sättigungszustand in der Luft bei atmosphärischen Temperaturen vorhanden ist. Er ist zu dem Resultat gelangt, daſs die Dichte des Wasserdampfs in der Luft bei Sättigung, bezogen auf die Luft unter gleichen Umständen, auf eine sehr merkliche Weise mit der Temperatur zunimmt. Man kann diese Zunahme aus folgenden, seiner Abhandlungen entnommenen Zahlen beurtheilen.

13°,44 C.	0,616	22°,50 C.	0,634
16 ,25	0,621	23 ,75	0,643
17 ,50	0,625	28 ,75	0,643
18 ,75	0,627	37 ,50	0,640
20 ,00	0,630	43 ,75	0,652
21 ,25	0,632.		

Die Dichtigkeit des Wasserdampfs schwankte also zwischen den Temperaturen 13° und 44° C. von 0,616 bis 0,652. Man würde hienach also bedeutende Fehler begehen, berechnete man das bei Sättigung in einem Kubikmeter Luft befindliche Gewicht von Dampf aus der oben erwähnten theoretischen Dichtigkeit mit Hülfe des Mariotte'schen Gesetzes und der gleichförmigen Ausdehnung der Gase.

Ich habe viele Versuche gemacht, um diesen für die Theorie der Hygrometrie durchaus capitalen Punkt zu entscheiden.

Zuvörderst habe ich die Dichte des Wasserdampfs im Vacuo, bei 100° C., aber unter immer schwächerem Drucke bestimmt, um zu erfahren, ob dabei der Dampf dem Mariotte'schen Gesetze folge.

Der angewandte Apparat bestand aus einem Ballon *A* von etwa 10 Litern Räumlichkeit. Er trug eine Messingfassung mit Hahn *r*, die mittelst eines Kitts von Mennige, nach dem in meiner Abhandlung [1]) über die Dichtigkeit der Gase beschriebenen Verfahren, auf seinem Hals befestigt war und in einer gekrümmten Messingröhre endigte.

Man bringt in diesen Ballon eine kleine Menge Wasser, und setzt ihn darauf mit einer Luftpumpe in Verbindung, mittelst einer Röhre voll Bimstein, getränkt mit Schwefelsäure, damit kein Wasserdampf in den Stiefel der Pumpe eintreten könne. Darauf evacuirt man sehr

lange

1) Man wird diese Abhandlung im siebenten Hefte finden.

lange. Der Wasserdampf, der unausgesetzt sich bildet, treibt endlich die Luft vollständig zum Ballon heraus. Nun schliefst man den Ballon.

Der Ballon wird in ein grofses Gefäfs *V* von verzinktem Blech gestellt, dergestalt, dafs der Hahn *r* sich vor einer am Gefäfs *V* angebrachten Tubulatur befindet. Diefs Gefäfs, welches eine Wasserschicht von 2 Decimeter Höhe enthält, wird auf einem Ofen erhitzt. Das Ende der Röhre *bc* ist eingefügt in eine Messingröhre, die ihrerseits an eine biegsame Bleiröhre gelöthet ist, welche zur Fassung *N* einer grofsen Flasche *F* gehört. Die Flasche *F* wird im Wasser auf die Temperatur der Umgebung gehalten. Ein kleines Bleirohr *t* verknüpft die Flasche *F* mit einem barometrischen Manometer.

Man pumpt die Flasche *F* theilweis leer, und wenn das Wasser im Gefäfs *V* im vollen Sieden ist, öffnet man den Hahn *r*. Das Wasser des Ballons destillirt alsdann in die Flasche *F* und verdichtet sich daselbst. Nach etwa einer Stunde mifst man am barometrischen Manometer die Spannkraft des Wasserdampfs und schliefst den Hahn *r*.

Man trocknet das Verbindungsrohr *bc* vollständig und wägt den Ballon, nachdem man ihn bis zum andern Morgen am Haken der Wage hat hängen lassen. Uebrigens befolgt man bei dieser Wägung die Methode, die ich in meiner Abhandlung über die Dichtigkeit der Gase angegeben habe.

Man stellt den Ballon auf's Neue in das Gefäfs *V*, und verknüpft ihn mit der Flasche *F*. Man bringt das Wasser zum Sieden und evacuirt sehr stark. Oeffnet man nun den Hahn *r*, so geht der gröfste Theil des im Ballon enthaltenen Wasserdampfs sich verdichtend in die Flasche *F* über, und es bleibt nur ein kleiner Theil desselben zurück, welcher der in der Flasche *F* zurückgebliebenen Spannkraft das Gleichgewicht hält. Man mifst

diese, nach Eintritt des Gleichgewichts, mit Sorgfalt, und schliefst den Hahn *r*.

Man wägt den Ballon. Der Unterschied p der beiden Gewichte ist das Gewicht des Dampfs, welches den Ballon füllte, bei der Temperatur T, bei welcher das Wasser unter einem Druck gleich dem Unterschied h der in beiden Versuchen beobachteten Spannkräfte siedete.

Das Gewicht π von trockner Luft, welches den Ballon bei 0° und 0m,76 füllte, wurde durch directe Versuche ermittelt.

Die Dichtigkeit δ des Wasserdampfs in Bezug auf die der Luft unter gleichen Umständen der Temperatur und des Drucks ergiebt sich aus der Formel:

$$\delta = \frac{p}{\pi} \cdot \frac{1+\alpha T}{1+k T} \cdot \frac{760}{h}.$$

Folgendes sind einige der sonach erhaltenen Zahlen, worin P das Gewicht des Wasserdampfs bei 0° und 0m,76.

	I.	II.	III.	IV.
π	12grm.,9937	12,9937	12,9937	12,9937
p	2grm.,959	2,802	1,261	2,696
h_0	378mm,72	357,51	161,32	345,28
T	99°,41	99,14	99,63	99,78
P	8grm.,0965	8,1052	8,0941	8,0859

woraus:

	Gewicht des Dampfs.	Dichtigkeit desselben.
I.	8grm.,0965	0,62311
II.	8 ,1052	0,62377
III.	8 ,0941	0,62292
IV.	8 ,0859	0,62229.

Diese Dichtigkeiten entfernen sich wenig von der theoretischen 0,622 und von der durch Hrn. Gay-Lussac gegebenen $\frac{10}{16}$.

Wenn man dieselbe Methode auf die Bestimmung der Dichtigkeit des Dampfs unter Drucken nahe an 760 Millimeter anwendet, so erhält man merklich gröfsere

Zahlen. Diefs kann davon herrühren, dafs die Temperatur des Dampfs alsdann der seiner Sättigung schon nahe ist, aber auch davon, dafs die Glaswand des Ballons, vermöge ihrer hygroskopischen Anziehung, verdichtetes Wasser auf ihrer Oberfläche enthält.

Wendet man dagegen diese Methoden auf die Bestimmung der Dichte des Wasserdampfs unter sehr schwachen Drucken an, so ziehen die geringsten Fehler in den Wägungen viel bedeutendere in dem Zahlenwerth der Dichte nach sich. Ueberdiefs erlaubt diese Methode nicht, die Dampfdichte bei anderen Temperaturen als 100° zu erhalten, und doch ist es wichtig dieselbe bei Temperaturen zu bestimmen, die nahe am Sättigungspunkt liegen.

Das folgende Verfahren erlaubt diese Bestimmungen mit gröfserer Genauigkeit zu machen. Ein grofser Glasballon wird genau mit Wasser ausgewogen. In denselben bringt man ein hermetisch verschlossenes Glaskügelchen, das eine genau gewogene Menge Wasser enthält. Der Hals des Ballons ist durch eine angekittete Tubulatur mit einem barometrischen Manometer verknüpft. Ballon und Manometer so vorgerichtet, werden in ein grofses, mit Wasser gefülltes Gefäfs gestellt. Ein Glas erlaubt das Manometer mittelst des Kathetometers zu messen. Ueberdiefs nimmt man alle die Vorsichtsmafsregeln, die in meiner Abhandlung über die Spannkraft des Wasserdampfs ausführlich beschrieben sind.

Man trocknet den Ballon, evacuirt ihn möglichst vollständig und mifst sehr genau die Spannkraft der in ihm zurückgebliebenen Luft. Mittelst einiger glühender Kohlen bringt man das Kügelchen zum Platzen, und steigert die Temperatur des den Ballon umgebenden Wassers über die, bei welcher der Dampf sich in Sättigung befinden würde. Man macht diese Temperatur stationär und mifst die im Ballon vorhandene Spannkraft. Zieht

man von dieser Kraft die der Luft angehörige ab, so hat man die Spannkraft des Wasserdampfs.

So lange die Temperatur unterhalb derjenigen bleibt, bei welcher der Raum durch das Gewicht p des ursprünglich im Kügelchen vorhandenen Wassers gesättigt seyn würde, wird man für die Dampfspannung das Maximum finden, welches dieser Temperatur entspricht; allein oberhalb dieser Temperatur wird sich der Dampf wie ein Gas verhalten, und wenn man durch f die Spannkraft desselben bezeichnet, wird man für seine Dichtigkeit, bezogen auf die der Luft, unter gleichen Umständen haben:

$$\delta = \frac{p}{\pi} \cdot \frac{1 + \alpha T}{1 + k T} \cdot \frac{760}{f}.$$

Nach dieser Methode habe ich nur eine einzige Versuchsreihe angewandt, und ein Zufall hat mich verhindert gute Resultate zu erhalten. Ich habe mir vorgenommen diese Bestimmungen künftig wieder aufzunehmen.

Derselbe Apparat dient dazu, die Dichte des Wasserdampfs in Luft unter verschiedenem Drucke zu bestimmen; man ersetzt dann das barometrische Manometer durch ein gewöhnliches. Allein die Bestimmungen sind nun leider nicht mehr einer gleichen Genauigkeit fähig, wie im Vacuo, und deshalb habe ich mich, aus oben entwickelten Gründen, mit der Bestimmung der Spannungen des Wasserdampfs in der Luft beschäftigt.

Beschäftigen wir uns nun mit der Bestimmung der Dichte des Wasserdampfs *in Luft bei Sättigung*. Wir haben oben gesehen, dafs Hr. Schmedding diese Aufgabe behandelt, und dabei eine rasche Zunahme der Dampfdichte mit der Temperatur beobachtet hat.

Ich bestimmte die Dichte des Wasserdampfs bei Sättigung der Luft, indem ich die Menge der Feuchtigkeit wog, die ein bekanntes Volum gesättigter Luft bei verschiedenen Temperaturen enthielt. Ich bediente mich dazu des Verfahrens von Hrn. Brunner, darin bestehend, dafs man ein Gefäfs von bekannter Geräumigkeit mit

Wasser füllt, dasselbe oben mit Röhren, welche genau gewogene austrocknende Substanzen enthält, verbindet, und das Wasser unten durch eine Oeffnung regelmäſsig aus dem Gefäſse abflieſsen läſst. Das unten abflieſsende Wasser wird oben durch ein gleiches Luftvolum ersetzt. Und die aufgesogene Luft setzt beim Durchgang durch die Röhren ihre Feuchtigkeit vollständig ab. Ist das Sauggefäſs wasserleer, so wägt man die Röhren: ihre Zunahme repräsentirt das Gewicht des Wassers, welches in einem der Geräumigkeit des Aspirators gleichen Luftvolum enthalten war.

Ein gleiches Verfahren hat Hr. Schmedding angewandt; allein ich habe gefunden, daſs man, um genaue Resultate zu erhalten, besondere Vorsichtsmaaſsregeln anwenden muſs.

Der Aspirator, dessen ich mich bediente, besteht aus einem cylindrischen Gefäſs von verzinktem Blech mit zwei konischen Böden. Der obere Boden hat zwei Tubulaturen; die eine *a*, in der Mitte, umschlieſst hermetisch eine Röhre *tt'*, die als Mariotte'sche Röhre wirkt, um den Ausfluſs beständig zu machen; in der anderen *b* steckt ein Thermometer, dessen Behälter die Mitte des Gefäſses einnimmt. Der untere Boden hat eine einzige Tubulatur mit einem graduirten Hahn *R*, versehen mit einem Ansatzrohr von 1 Decimeter Länge, welches nach dem Ausfluſs mit Wasser gefüllt bleibt, um zu verhüten, daſs, wenn das Gefäſs geleert ist, die äuſsere Luft durch die untere Tubulatur eindringen könne.

Die Mariotte'sche Röhre hat einen Hahn *r*, mittelst dessen man die Aufsaugung der Luft unterbrechen kann, und eine U-förmige Röhre, voll Bimstein mit Schwefelsäure getränkt, die immer am Apparat sitzen bleibt. Diese Röhre bezweckt, den Wasserdampf zu verhindern, daſs er aus dem Aspirator bis zu den tarirten Trockenröhren *B* und *C* gelange.

Zur Absorption der Feuchtigkeit der Luft bediene

ich mich nur zweier U-förmiger Röhren von 0m,18 Höhe voll gröblich zerstofsenen Bimsteins, getränkt mit Schwefelsäure; kleinere Stücke würden dem Durchgang des Gases zu viel Widerstand entgegensetzen, und die Luft im Aspirator würde nicht dieselbe Spannkraft darbieten, wie die äufsere Luft.

Die beiden, zur vollständigen Absorption der Luftfeuchtigkeit bestimmten Röhren sind nicht sehr lang; ich habe sie so klein wie möglich gemacht, weil ich einen grofsen Werth darauf lege, diese Methode möglich praktisch und leicht anwendbar bei allen hygrometrischen Versuchen zu machen. Die Erfahrung zeigt überdiefs, dafs diese zwei Röhren alle Feuchtigkeit der Luft vollständig zurückhalten. Schon die erste Röhre absorbirt gewöhnlich alles Wasser, und selten nimmt die zweite um 1 oder 2 Milligrm. zu.

Ich habe indefs diese Probe noch nicht für genügend erachtet. Ich wollte wissen, ob, wenn man hinter diesen zwei Röhren andere anbrächte, die mit schwefelsauren Bimstein gefüllt und in ein Kältegemisch getaucht wären, dieselben an Gewicht zunähmen. Ich heftete an die zweite tarirte Röhre eine dritte an, getaucht in Eis, an diese eine vierte, getaucht in ein Gemenge von Eis und Chlorcalcium von —30° C.

Der Versuch ward wie gewöhnlich angestellt; ich brachte hernach die Röhren 3 und 4 unter eine Glocke mit Aetzkalk, und liefs sie darin mehre Stunden, damit sie die Temperatur der umgebenden Luft genau annähmen. Ich fand, dafs sie genau dasselbe Gewicht wie vor dem Versuch hatten. Die Röhre No. 1 hatte 1grm.,235 Wasser aufgenommen; die No. 2 nichts; mithin hatte die erste Röhre schon die Luft vollständig ausgetrocknet.

Ich habe einen zweiten, noch schlagenderen Versuch gemacht. Ich befestigte vor der tarirten Röhre No. 1 eine mit feuchtem Schwamm gefüllte Röhre, und vor dieser wiederum drei U-förmige Röhren mit schwefelsaurem

Bimstein, jede 1 Meter lang. Die dritte dieser großen Röhren war in ein Gemenge von Eis und Chlorcalcium getaucht; die Luft gelangte also vollkommen trocken in die Röhre mit dem benäfsten Schwamm; dort löste sie eine grofse Menge Feuchtigkeit und setzte sie in den hinteren tarirten Trockenröhren ab.

Die Röhre mit feuchtem Schwamm verlor	0grm.,767
Die Trockenröhre No. 1 gewann	0 ,767
Die Trockenröhre No. 2 gewann	0

Diese Versuche beweisen auf's Einleuchtendste, dafs die erste Trockenröhre ungeachtet ihrer Kleinheit genügt, um die Luft vollständig auszutrocknen. Die Röhre No. 2 dient nur als Zeuge, und darum ist es gut sie beizubehalten.

Beiläufig will ich bemerken, dafs, wenn man die zur Absorption der Gase und Dämpfe bestimmten Gefäfse sehr vervielfältigte, in der Hoffnung, dadurch eine vollständigere Absorption zu erreichen, man dadurch, meiner Meinung nach, bei den Wägungen weit gröfsere Fehler begehen würde, als man zu vermeiden trachtet. Denn wenn das Volum der absorbirenden Apparate beträchtlich ist, kann man bei den Wägungen nicht mehr die Veränderungen vernachlässigen, die in der Natur der äufseren Luft zwischen den beiden Wägungen eintreten, und diese Veränderungen lassen sich nicht mit Genauigkeit bestimmen. Der geringste Unterschied zwischen der Temperatur der äufseren Luft und der des Apparats zur Zeit der Wägung, der gar nicht zu vermeiden ist, veranlafst einen merklichen Fehler. Endlich kann sich die ungemein hygroskopische Glasfläche der Apparate bei den beiden Wägungen mit einer ungleichen Schicht Feuchtigkeit bekleiden.

Bei Versuchen, die eine grofse Genauigkeit verlangen, mufs der Experimentator suchen, die Apparate auf die möglichst kleinsten Dimensionen zurückzuführen. Die Vervielfältigung der absorbirenden Apparate veranlafst

überdiefs zu grofse Widerstände für den Durchgang der Gase, und es wird unmöglich, für die Gleichheit des Drucks in den verschiedenen Theilen des Apparates einzustehen.

Um einen bei bestimmter Temperatur mit Feuchtigkeit gesättigten Luftstrom zu erhalten, bediente ich mich anfangs zweier U-förmigen Röhren voll benäfsten Schwamms, und tauchte diese in ein mit Wasser gefülltes Gefäfs, welches auf eine constante Temperatur gehalten ward. In diesem Wasser, das beständig umgerührt ward, befand sich ein Thermometer. Ein zweites, sehr empfindliches Thermometer war in der zweiten Schwamm-Röhre eingekittet, da wo das aufgesogene Gas ausflofs; es zeigte die Temperatur dieses Gases an.

Diese Einrichtung zeigte grofse Uebelstände, weshalb ich sie aufgab. Wenn die Luft durch den Apparat streicht, ergiebt sich immer ein merklicher Unterschied zwischen dem Thermometer, welches in dem Gasstrom befindlich ist, und dem, welches im Wasser steckt, so dafs es schwer hält für die Temperatur des Gases und dessen Sättigungspunkt einzustehen. Um constante Zahlen zu erhalten, ist es nothwendig die gesättigte Luft aus einem grofsen Raum, wo sie nahezu in Ruhe ist, zu schöpfen. Ich habe folgende Einrichtung angewandt.

Ein Staucher von Weifsblech, 25 Liter fassend und oben geschlossen, steht auf einer grofsen, mit Wasser gefüllten Schüssel. Derselbe hat drei Tubulaturen. Die obere *e* umfafst ein sehr empfindliches Thermometer, dessen Behälter fast die Mitte des Gefäfses einnimmt. In die zweite *f* steckt man eine Röhre mit schwefelsaurem Bimstein, dergestalt, dafs diese Röhre die Luft aus der Mitte des Stauchers aufsaugt; mittelst der dritten *g* endlich verknüpft man den Staucher mit einem Ballon *O*, der mit benäfstem Schwamm gefüllt ist, und den die Luft durchstreichen mufs, ehe sie sich in den Staucher begiebt. Um des Sättigungszustandes der Luft gewisser

zu seyn, stellt man in den blechernen Staucher einen anderen von Drahtnetz, innen und aufsen überzogen mit angefeuchteter Leinwand, die in das Wasser der Schüssel herabhängt. Eine kleine Oeffnung *o* in diesem zweiten Staucher erlaubt, die Luft mitten aus dem Gefäfs, dicht beim Behälter des Thermometers, aufzusaugen.

Dieser Apparat ist in einem Zimmer aufgestellt, dessen Temperatur wenig schwankt, und man beginnt einen Versuch nicht eher, als einige Zeit nach Zusammenstellung des Apparats.

Man variirte die Ausflufsgeschwindigkeit absichtlich, um zu sehen, ob sie einen Einflufs auf die gefundene Feuchtigkeitsmenge haben würde. Es wurden bei gleicher Temperatur zwei Versuche gemacht, der eine mit einem Ausflufs von 45 Minuten, der andere mit einem Ausflufs von 3 Stunden Dauer. In beiden Versuchen fand sich das Gewicht des Wassers vollkommen gleich.

Bei den gewöhnlichen Versuchen leerte sich der Aspirator in $1^h\ 15'$ bis $1^h\ 30'$. Von 5 zu 5 Minuten las man das in den Staucher eingelassene Thermometer sorgsam mit einem Fernrohr ab, und betrachtete das Mittel aus den während der Dauer des Versuchs aufgezeichneten Temperaturen, die überdiefs nur sehr wenig, höchstens um ein oder zwei Zehntel eines Grades schwankten, als Temperatur der gesättigten Luft. Nachdem das Ausfliefsen aus dem Gefäfse aufgehört, wartete man noch einige Minuten, um der Luft des Aspirators zu gestatten, sich hinsichtlich des Drucks in Gleichgewicht zu setzen mit der äufseren Luft; dann schlofs man den Hahn *r*, und zeichnete sogleich das Thermometer *T* des Aspirators und das Barometer auf. Endlich löste man die beiden Absorptionsröhren ab und wägte sie.

Ich bediente mich zu diesen Versuchen unterschiedslos zweier Aspiratoren, die genau ausgewägt worden waren und mit No. 1 und 2 bezeichnet seyn mögen.

Der Aspirator No. 1 fafste 58699,8 Grm. Wasser

bei 18°,93 C., er würde 58779 Grm. Wasser von der Dichte bei 4° C. fassen. — Der Aspirator No. 2 hielt 57457,5 Grm. Wasser von 16°,62 C., und würde 57513 Grm. Wasser von 4° C. fassen.

Angenommen 0,0000366 als Coëfficient der kubischen Ausdehnung des Weifsblechs ist das Volum der Aspiratoren bei 0°, also

für No. 1	58738	Kubcentm.
- - 2	57480	- -

Um die Wassermenge in der bei 0° gesättigten Luft zu finden, wandte ich folgende Vorrichtung an. Eine Weifsblech-Röhre von 0m,55 Länge und 0mm,10 Durchmesser trägt in ihrer Axe eine Röhre *ab* von 0m,02 Durchmesser. Diese Röhre ist an beiden Enden offen, und eine seitliche Tubulatur *cd* verbindet sie mit der äufseren Luft. In diese Tubulatur setzt man mittelst eines Pfropfens die erste Röhre voll schwefelsauren Bimsteins ein. Die Röhre *ab* ist bei *a* zugepfropft. Man füllt den Staucher mit zerstofsenem Eise; das aus der Schmelzung dieses Eises entstehende Wasser fliefst durch den Hahn *r* ab.

Wenn der Aspirator functionirt, wird die äufsere Luft aufgesogen, und indem sie das Eis durchstreicht auf 0° erkältet; sie dringt durch die untere Oeffnung *b* in die Röhre *ab*, und von da begiebt sie sich durch die Tubulatur *cd* in die Trockenröhren.

Sey nun: t die Mitteltemperatur der Luft während des Versuchs; — f die Spannkraft des Wasserdampfs bei der dieser Temperatur entsprechenden Sättigung; — t' die Temperatur des Aspirators am Ende des Versuchs; —f' die entsprechende Spannkraft des Dampfs bei Sättigung; — H der Barometerstand, reducirt auf 0°, am Ende des Versuchs; — a der Ausdehnungscoëfficient der Luft; k der des Weifsblechs; — V_0 das Volum des Aspirators bei 0°.

Das Volum des Aspirators bei der Temperatur t'

wird seyn $V_0(1+kt')$, und diefs ist das Volum der aufgesogenen Luft, wenn sie den Aspirator füllt; aber diefs Luftvolum ist mit Wasserdampf gesättigt, folglich erleidet die Luft allein nur einen Druck $H-f'$. Wenn dieselbe Luft sich in dem Staucher befindet, übt sie eine Spannkraft $H-f$ aus. In diesem letzteren Fall ist also ihr Volum:

$$V_0(1+kt')\frac{H-f'}{H-f}.$$

Die Luft besitzt, wenn sie im Staucher ist, die Temperatur t, und, wenn sie im Aspirator ist, die t'; folglich hat sie, unter gleichen Umständen wie die im Staucher vorhandenen, das Volum:

$$V_0(1+kt')\frac{H-f'}{H-f}\cdot\frac{1+\alpha t}{1+\alpha t'}.$$

Bezeichnen wir durch w das Gewicht des Kubikcentimeters Luft bei 0° und $0^m,76$, und durch δ die Dichte des Wasserdampfs bezogen auf die der Luft, unter der Annahme, dafs der Wasserdampf bei Sättigung in der Luft demselben Gesetz der Ausdehnung und des Drucks folge, wie die Luft, so haben wir für das Gewicht des Wasserdampfs, welches sich in diesem Luftvolum befindet, den Ausdruck:

$$V_0(1+kt')\frac{H-f'}{H-f}\cdot\frac{1+\alpha t}{1+\alpha t'}\cdot w\delta(1+\alpha t)\frac{f_t}{760}.$$

Setzt man diesen Ausdruck den durch Versuch gefundenen Gewichten gleich, so hat man eine Reihe von Gleichungen, durch welche man δ bestimmen und sich versichern kann, ob dieser Werth constant sey für alle Temperaturen.

Ich ziehe es vor, mittelst dieser Formel, das Gewicht des Dampfs, welches sich in der Annahme $\delta=0,622$, d. h. gleich der theoretischen Dichte, in der Luft befinden soll, zu berechnen, und dasselbe mit dem durch directe Wägung gefundenen zu vergleichen.

Die folgende Tafel schliefst alle erhaltenen Resultate ein. Die Versuche 1 bis 9 wurden, wie S. 154 ge-

sagt, in Eis angestellt, die No. 10 bis 16 in einem Keller, dessen Temperatur sehr wenig schwankte, und alle übrigen zu verschiedenen Jahreszeiten bei der Temperatur der Luft.

Nummer des		Barometer am Ende des Vers. H_0	Temperatur		Gewicht d. Dampfs		Unterschied.
Versuchs.	Aspirators.		zuletzt im Aspirator ϑ.	des gesättigten Raums t.	beobachtet P.	berechnet P'.	
		mm.			grm.	grm.	grm.
1	2	745,00	6°,75	0°,00	0,271	0,2737	—0,003
2	-	744,76	7 ,31	0 ,00	0,273	0,2730	0,000
3	-	748,80	7 ,14	0 ,00	0,269	0,2732	—0,004
4	-	748,76	8 ,87	0 ,00	0,268	0,2712	—0,003
5	-	748,77	7 ,76	0 ,00	0,273	0,2725	0,000
6	-	740,83	7 ,97	0 ,00	0,272	0,2722	0,000
7	-	740,65	8 ,18	0 ,00	0,273	0,2720	+0,001
8	-	744,19	7 ,44	0 ,00	0,272	0,2729	—0,001
9	-	745,74	7 ,42	0 ,00	0,271	0,2729	—0,002
10	1	752,79	15 ,02	14 ,81	0,734	0,7437	—0,010
11	-	753,72	14 ,89	14 ,67	0,731	0,7377	—0,007
12	-	754,72	14 ,82	14 ,65	0,731	0,7367	—0,006
13	-	757,60	14 ,49	14 ,38	0,721	0,7248	—0,004
14	-	755,51	14 ,62	14 ,54	0,726	0,7319	—0,006
15	-	747,27	14 ,23	14 ,10	0,710	0,7123	—0,002
16	-	747,99	14 ,29	14 ,29	0,720	0,7212	—0,001
17	-	752,38	6 ,14	5 ,85	0,424	0,4236	0,000
18	-	751,94	5 ,79	6 ,48	0,439	0,4431	—0,004
19	-	756,19	6 ,75	6 ,63	0,441	0,4447	—0,004
20	-	756,75	7 ,54	7 ,48	0,464	0,4711	—0,007
21	-	754,75	7 ,05	7 ,22	0,459	0,4637	—0,005
22	-	754,51	7 ,10	7 ,53	0,472	0,4736	—0,002
23	-	748,08	7 ,03	6 ,64	0,441	0,4456	—0,005
24	-	763,06	14 ,12	13 ,20	0,666	0,6718	—0,006
25	-	765,76	13 ,40	12 ,88	0,653	0,6598	—0,007
26	2	755,36	21 ,07	19 ,77	0,965	0,9723	—0,007
27	-	757,91	20 ,56	19 ,16	0,930	0,9376	—0,007
28	1	762,02	20 ,19	18 ,93	0,941	0,9423	—0,001
29	-	760,69	20 ,04	18 ,93	0,943	0,9431	0,000
30	2	759,99	19 ,89	18 ,97	0,922	0,9293	—0,007
31	-	758,15	20 ,37	18 ,84	0,918	0,9196	—0,003
32	-	758,17	19 ,91	19 ,00	0,926	0,9310	—0,005
33	-	751,75	22 ,89	20 ,57	1,010	1,0133	—0,003
34	-	753,53	22 ,30	21 ,52	1,072	1,0791	—0,007
35	1	753,63	21 ,91	21 ,56	1,104	1,1079	—0,004
36	-	760,66	21 ,43	20 ,33	1,020	1,0276	—0,008
37	2	760,25	21 ,31	20 ,42	1,008	1,0121	—0,004
38	-	756,48	21 ,35	20 ,32	0,999	1,0054	—0,006

Nummer des		Barometer am Ende des Vers. H_0.	Temperatur		Gewicht d. Dampfs		Unterschied.
Versuchs.	Aspirators.		zuletzt im Aspirator ϑ.	des gesättigten Raums t.	beobachtet P.	berechnet P'.	
		mm.			grm.	grm.	grm.
39	1	756,03	20°,76	20°,46	1,031	1,0398	−0,009
40	2	761,21	19 ,80	24 ,27	1,285	1,2977	−0,012
41	-	761,04	20 ,01	25 ,46	1,393	1,3952	−0,002
42	1	764,30	20 ,71	20 ,52	1,041	1,0440	−0,003
43	-	764,82	20 ,85	20 ,43	1,031	1,0374	−0,006
44	-	764,10	20 ,83	20 ,75	1,058	1,0586	−0,001
45	2	757,80	21 ,60	21 ,40	1,072	1,0752	−0,003
46	-	756,35	21 ,57	21 ,55	1,083	1,0855	−0,002
47	1	752,05	24 ,80	24 ,93	1,342	1,3456	−0,004
48	-	752,07	24 ,50	24 ,17	1,280	1,2880	−0,008
49	-	752,38	24 ,18	23 ,42	1,227	1,2380	−0,011
50	-	752,13	24 ,10	23 ,37	1,220	1,2338	−0,013
51	-	758,20	27 ,27	26 ,94	1,486	1,4730	+0,013
52	-	758,20	26 ,89	26 ,74	1,442	1,4500	−0,008
53	-	761,91	25 ,63	25 ,11	1,315	1,3279	−0,013
54	-	761,21	25 ,91	25 ,91	1,382	1,3919	−0,010
55	-	750,12	26 ,74	26 ,28	1,407	1,4179	−0,011
56	-	749,06	24 ,61	24 ,05	1,239	1,2489	−0,010
57	-	749,97	24 ,99	24 ,31	1,257	1,2673	−0,010
58	-	750,46	24 ,84	24 ,77	1,292	1,3066	−0,014
59	-	753,98	24 ,14	23 ,11	1,167	1,1801	−0,013
60	-	753,52	24 ,19	24 ,49	1,247	1,2602	−0,013
61	-	752,91	24 ,61	24 ,83	1,296	1,3117	−0,015
62	-	753,12	24 ,46	24 ,82	1,296	1,3122	−0,016
63	-	755,81	23 ,23	22 ,59	1,139	1,1487	−0,011
64	-	755,68	23 ,50	23 ,34	1,191	1,2022	−0,011
65	-	755,15	23 ,72	23 ,80	1,225	1,2358	−0,011
66	-	757,32	24 ,16	24 ,18	1,248	1,2625	−0,014
67	-	757,62	23 ,86	23 ,85	1,223	1,2383	−0,015
68	-	761,96	22 ,65	22 ,44	1,130	1,1414	−0,011

Man sieht aus dieser Tafel, daſs alle berechneten Zahlen etwas gröſser sind als die beobachteten, und zwar beinahe um einen gleichen Bruch vom Gesammtgewicht. Dieser Bruch ist sehr klein; er steigt auf etwa ein Hundertel. Daraus ist zu schlieſsen, daſs die Dichtigkeiten des Wasserdampfs bei Sättigung der Luft in niedrigen Temperaturen nach dem Mariotte'schen Gesetz berechnet werden können, und daſs das Gewichtsverhältniſs eines Volums dieses Dampfs zu einem Volum Luft bei

Gleichheit der Temperatur und des Drucks etwas geringer ist als die theoretische Dichte des Wasserdampfs.

Freilich kann man den Unterschied zwischen dem berechneten und beobachteten Gewicht des Dampfs auf eine andere Weise erklären. Man kann annehmen, die Dichte des Wasserdampfs bei Sättigung in der Luft sey der von uns im Vacuo gefundenen gleich, nämlich 0,622; allein die Spannkräfte, die ich aus meiner Tafel über die Spannungen des Dampfs im Vacuo genommen, seyen um ein Geringes zu groſs; dieſs würde mit dem übereinstimmen, was wir oben, S. 141, durch directen Versuch über die Spannkräfte des Wasserdampfs bei Sättigung in der Luft gefunden haben.

Wie dem auch seyn möge, so erhellt, daſs wenn man meine Tafel über die Spannkraft des Wasserdampfs im Vacuo zum Grunde legt, und die Dichte des Dampfs beständig = 0,622 (gegen die der Luft unter denselben Umständen = 1) annimmt, das berechnete Gewicht des Wasserdampfs nur um einen sehr kleinen Bruch, etwa ein Hundertel, von der wahren Gröſse abweichen kann.

Die so eben beschriebenen Versuche können als eine vollständige Bestätigung meiner Tafel der Spannkräfte des Wasserdampfs in niederen Temperaturen angesehen werden. Man kann sich überzeugen, daſs man, wenn diese Versuche nach den früher von den Physikern angenommenen Tafeln berechnet werden, sehr widersprechende Resultate bekommt. Die von mir über die Dichtigkeit des Wasserdampfs angestellten Versuche, so wie die eben beschriebenen, sind mehrere Jahre alt, und als ich versuchte sie nach den älteren Tafeln zu berechnen, erkannte ich die Nothwendigkeit neue Bestimmungen zu machen über die Spannkräfte des Wasserdampfs in niederen Temperaturen.

(Schluſs im siebenten Heft.)

IX. *Ueber eine Erscheinung bei Seifenblasen, die auf Kohlensäuregas schwimmen; von Marianini.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III T. IX p.* 382.)

Um zu veranschaulichen, welch grofser Dichtigkeitsunterschied zwischen atmosphärischer Luft und Kohlensäuregas besteht, macht man seit langer Zeit in physikalischen Vorlesungen den folgenden Versuch. Man läfst eine durch Einhauchung atmosphärischer Luft aufgeschwellte Seifenblase in einen grofsen Glascylinder fallen, der etwa zu zwei Drittel mit kohlensaurem Gase gefüllt ist, und im oberen Drittel atmosphärische Luft enthält. Diese Blase sinkt bis zur Oberfläche des kohlensauren Gases nieder, und bleibt, nach einigen Oscillationen, daselbst schwimmen.

Bei aufmerksamer Beobachtung dieses Phänomens nahm ich eine recht sonderbare Thatsache gewahr. Die Blase nämlich, die nach einigen Oscillationen sich in's Gleichgewicht gesetzt hatte und auf dem kohlensauren Gase fast unbeweglich schwamm, begann nach etwa 20 Secunden allmälig aufzuschwellen, und fuhr darin fort, bis sie zuletzt ein Volum fast doppelt so grofs wie das ursprüngliche erlangt hatte. Das Merkwürdigste aber war, dafs die Blase, in dem Maafse als sie gröfser wurde, immer tiefer in das Gas hineinsank, und, als sie vollständig darin eingetaucht war, ihr Volum noch rascher vergröfserte, unter fortdauerndem Sinken sich beständig ausdehnte, und lebhafte Regenbogenfarben zeigte, zum Beweise, dafs ihre Hülle immer dünner und dünner geworden. Endlich erreichte sie den Boden des Glases, berührte ihn und platzte.

Wie mir scheint, mufs dieses Phänomen einer Art

Diffusion (*endosmose gazeuse*) zugeschrieben, d. h. angenommen werden, dafs das kohlensaure Gas in die Blase durch ihre dünne Hülle eindrang, sie aufschwellte und schwerer machte [1]).

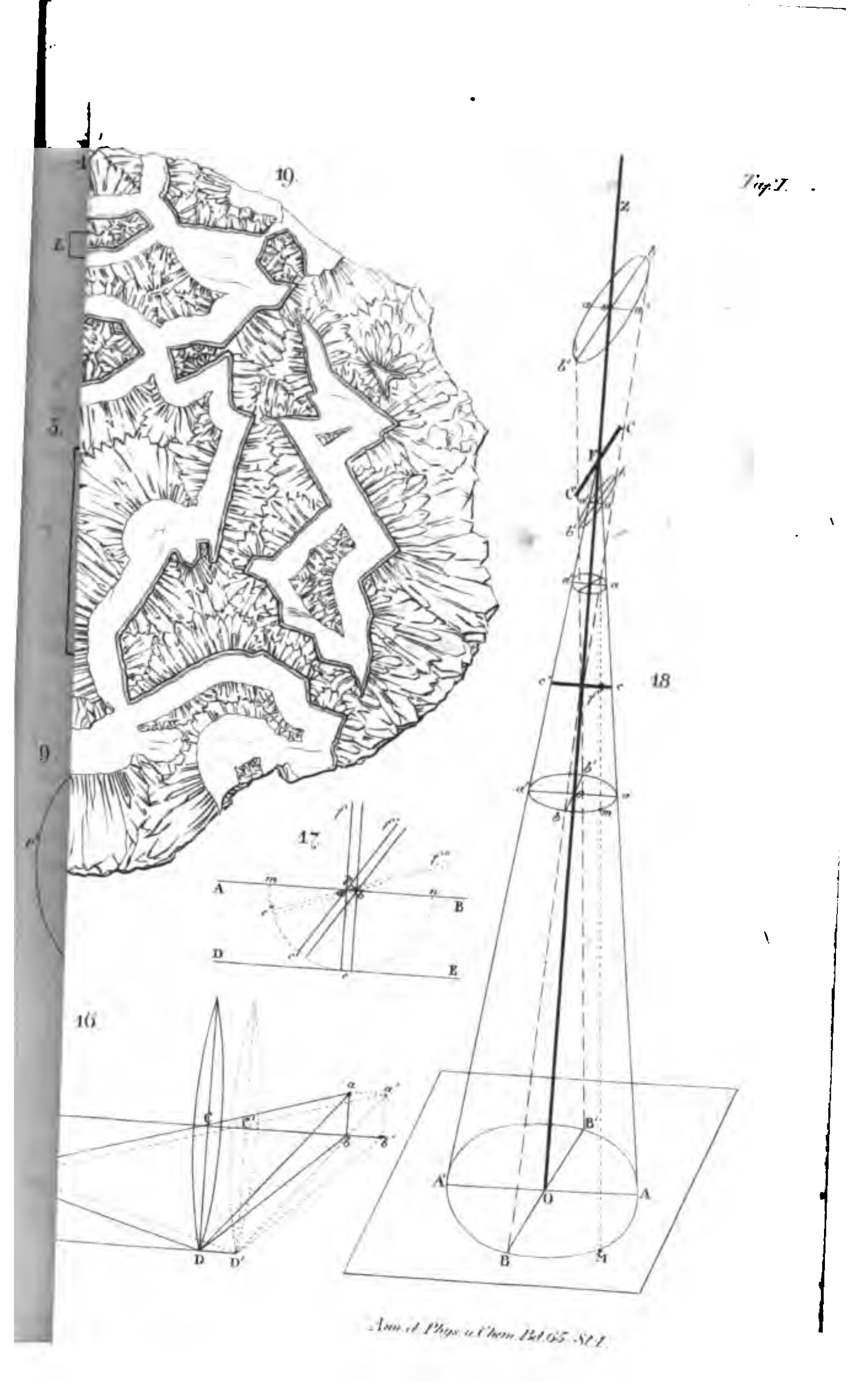
Seit der ersten Beobachtung dieser sonderbaren Thatsache habe ich sie unter verschiedenen Umständen studirt, und dabei folgende Resultate erhalten.

Ich blies Seifenblasen mit verschiedenen Gasen an, einige mit atmosphärischer Luft, andere mit reinem Sauerstoff oder mit Stickgas, endlich noch andere mit Gemengen von einem dieser zwei letzten Gase und einem Zehntel des Volums an Wasserstoff. Alle diese Blasen zeigten, nachdem sie mehr oder weniger lang auf dem kohlensauren Gase geschwommen hatten, die oben erwähnten Erscheinungen.

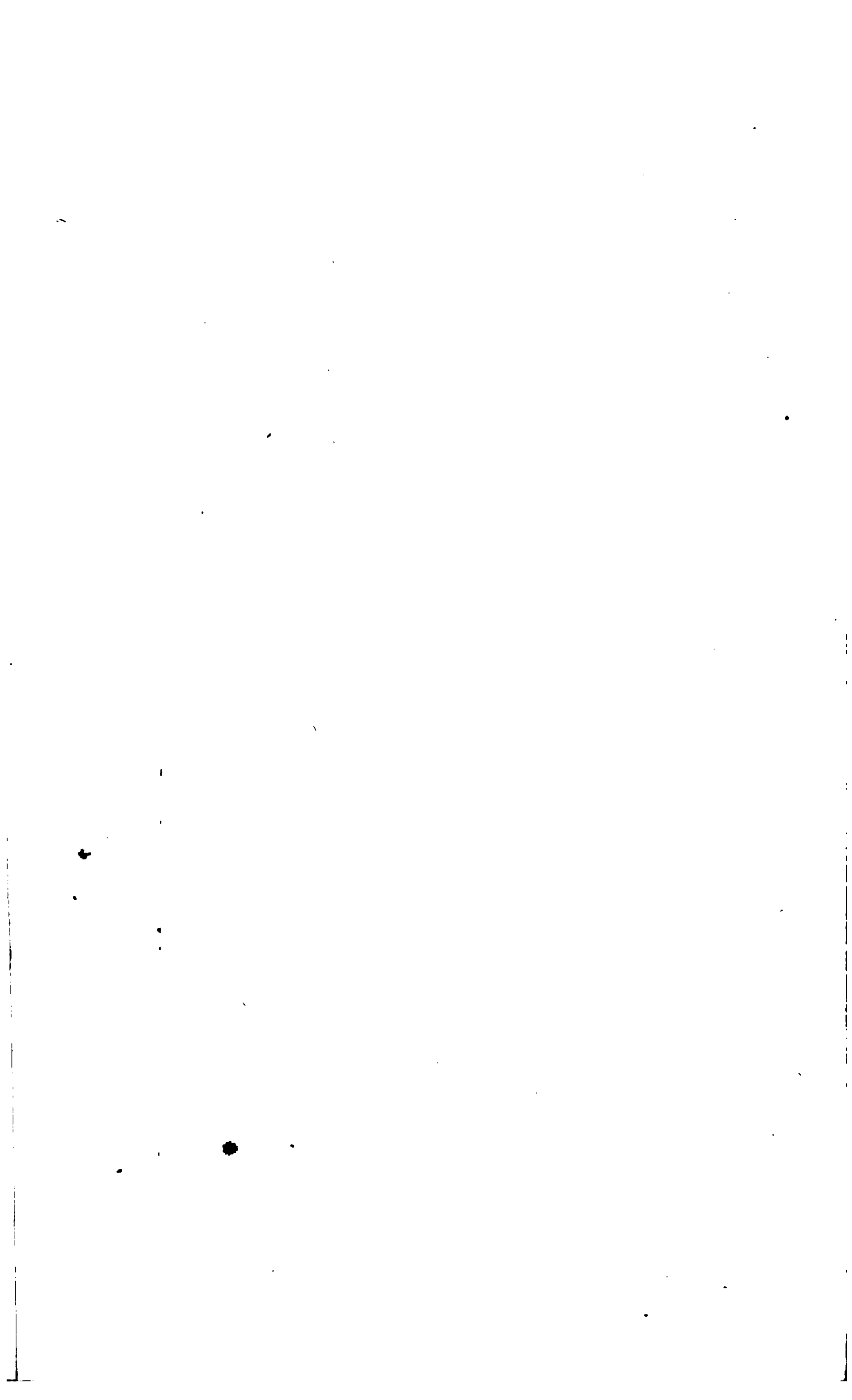
Unter diesen, durch Gasgemenge aufgeschwellten Gasblasen waren einige, die ein solches Gewicht hatten, dafs sie etwa $1^m,50$ über den Boden schweben blieben, obwohl sie dann nicht auf kohlensaurem Gase ruhten. Diese Blasen zeigten niemals das Phänomen der Anschwellung; ich bemerkte nur, dafs sie vor dem Platzen ein wenig stiegen.

Als der Glascylinder, der die Kohlensäure enthielt, eine Höhe von ungefähr 60 Centim. besafs, platzten die Blasen, die nun einen langen Weg zu durchsinken hatten, fast immer ehe sie den Boden berührten. Dieser Umstand liefs mich bemerken, dafs, wie dünn auch die Hüllen dieser Blasen seyn mochten, doch das darin eingeschlossene Gas gewissermafsen comprimirt war; denn ich sah, dafs die Blase, wenn sie platzte, eine Menge Tröpfchen nach allen Richtungen fortschleuderte, und damit die Wandung des Gefäfses benetzte, ein Phänomen, welches nur vermöge der Elasticität des in der Blase zusammengedrückten Gases statthaben konnte.

1) Das leidet wohl um so weniger Zweifel, als die Erscheinung überhaupt nur unter der beobachteten Form eine neue genannt werden kann. Schon Draper hat übrigens die Diffusionswirkung einer Schicht Seifenlösung wahrgenommen. S. Ann. Bd. 43, S. 88. *P.*



Taf. I.
19.
18.
17.
16.
9.
5.
A
B
D
E
C
C'
D
D'
A'
O
A
B'
B
M
Z



1845. ANNALEN № 6.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXV.

I. *Einige Bemerkungen über die Anwesenheit des Ozons in der atmosphärischen Luft und die Rolle, welche es bei langsamen Oxidationen spielen dürfte; von C. F. Schoenbein.*

Sorgfältig angestellte und oft wiederholte Versuche haben es mir aufser Zweifel gestellt, dafs Stärkekleister mit Jodkalium versetzt (das völlig frei von jodsaurem Kali ist), in der freien Luft sich schnell bläut, während der gleiche Kleister diese Veränderung nicht erleidet, wenn man denselben der Einwirkung der in Flaschen eingeschlossenen Luft auch noch so lange aussetzt. Es ist ferner von mir ermittelt worden, dafs die Bläuung des erwähnten Kleisters auch dann in eingeschlossener atmosphärischer Luft nicht stattfindet, wenn diese letztere selbst bis zur Hälfte ihres Volumes mit kohlensaurem Gas vermengt ist. Ich habe ebenfalls gefunden, dafs reine Leinwand oder Asbest mit Jodkaliumlösung getränkt und der Einwirkung der freien Luft ausgesetzt, sich bräunt, und dafs eine solche Leinwand, wenn mit Wasser ausgezogen, eine gelbliche Flüssigkeit liefert, welche die Stärke bläut, also freies Jod enthält, und in welcher sich auch nachweisbare Mengen von jodsaurem Kali befinden. In kleineren eingeschlossenen Lufträumen erleidet die Jodkaliumlösung die beschriebene Veränderung eben so wenig, als sich in demselben der Jodkaliumkleister bläut.

Aus diesen Thatsachen erhellt, dafs die Ausscheidung von Jod und die damit immer verknüpfte Bildung von jodsaurem Kali nicht dem freien Sauerstoff der Luft beizumessen ist, und an diesen chemischen Veränderungen auch die atmosphärische Kohlensäure keinen unmittelba-

ren Theil hat. Meine eigenen Versuche sowohl, als diejenigen des Herrn Marignac, haben gezeigt, dafs sich Jod ausscheidet und gleichzeitig jodsaures Kali sich bildet, wenn man durch eine Auflösung von Jodkalium Ozon strömen läfst. Wie sich aus den vorhin angeführten Thatsachen ergiebt, übt demnach die freie atmosphärische Luft auf das Jodkalium eine chemische Wirkung aus, ganz übereinstimmend mit derjenigen, welche das Ozon in dem gleichen Salze hervorbringt, und unterscheiden sich beide Wirkungen nur dem Grade, aber nicht der Art nach.

Da nun weder der freie Sauerstoff, noch der Stickstoff, noch die Kohlensäure der Atmosphäre die besagten chemischen Reactionen im Jodkalium veranlassen kann, so mufs wohl in der Luft ein eigenthümliches oxidirendes Agens vorhanden seyn, dem jene Wirkungen zukommen, und welches bis jetzt der Aufmerksamkeit der Chemiker entgangen ist. Von welcher Natur ist aber dieses Agens? Da wir jetzt wissen, dafs bei elektrischen Entladungen, welche wir in der atmosphärischen Luft bewerkstelligen, immer Ozon zum Vorschein kommt, so dürfen wir aus dieser Thatsache schliefsen, dafs auch bei den in der Atmosphäre unaufhörlich stattfindenden elektrischen Ausgleichungen Ozon erzeugt werde. Dieser Umstand sowohl, als die Ausscheidung von Jod und die Bildung von jodsaurem Kali, welche die freie atmosphärische Luft in dem Jodkalium veranlafst, machen es daher wenn nicht gewifs, doch höchst wahrscheinlich, dafs das fragliche, in der Atmosphäre vorhandene oxydirende Princip nichts anderes ist, als eben das auf elektrischem Wege entstandene Ozon.

Nehmen wir die Richtigkeit dieser Vermuthung an, so begreift sich sehr leicht, weshalb nur in freier, d. h. strömender, nicht aber in eingeschlossener, d. h. stagnirender Luft, die beschriebene Zersetzung des Jodkaliums erfolgen kann. Die Menge des in einem kleinen Luft-

volume enthaltenen Ozons sind so unbedeutend, dafs sie auf das Jodkalium keinen merklich zersetzenden Einflufs ausüben können. Ist aber z. B. unser Jodkaliumkleister der Einwirkung der strömenden Luft ausgesetzt, so findet sich derselbe jeden Augenblick in Berührung mit neuen ozonhaltigen Luftschichten; es werden ihm unaufhörlich frische Ozontheilchen zugeführt, die er immer augenblich verschluckt, und deren Menge endlich so grofs werden mufs, dafs sie eine merkliche Wirkung auf den Jodkaliumkleister hervorbringt, d. h. diesen sichtlich bläut.

Wenn nun auch anfänglich die Bläuung des Kleisters ausschliefslich nur durch das atmosphärische Ozon veranlafst wird, so übt dennoch später die Kohlensäure der Luft einen secundären Einflufs auf die fragliche Färbung aus. Wie vorhin bemerkt worden, bewirkt das Ozon die Ausscheidung von Jod und die Bildung von jodsaurem Kali, und nach meinen Versuchen wird Kleister mit Jodkalium versetzt, das auch nur Spuren von jodsaurem Kali enthält, in kohlensäurehaltiger stagnirender Luft gebläut. Da nun die freie atmosphärische Luft im Jodkalium ebenfalls die Bildung von jodsaurem Kali veranlafst, jene aber auch Kohlensäure enthält, so sieht man leicht ein, dafs letztere zur Bläuung des Jodkaliumkleisters auch etwas beitragen mufs, sobald in diesem einmal jodsaures Kali vorhanden ist. Unstreitig wirkt die Kohlensäure dadurch, dafs sie einen Theil der Jodsäure bestimmt, Kalium in Jodkalium zu oxydiren, in dessen Folge dann Jod sowohl aus dem Jodkalium als der Jodsäure selbst frei werden müfste. Bemerkenswerth ist noch der Umstand, dafs das jodsaure Kali, welches man erhält, wenn Jodkaliumlösung durch ozonisirte atmosphärische Luft zersetzt wird, immer auch etwas kohlensaures Kali enthält.

Dürfen wir aber annehmen, dafs sich immer Ozon in der atmosphärischen Luft vorfindet, und ist es Thatsache, dafs diese Substanz schon bei gewöhnlicher Tem-

peratur auf eine Reihe von Materien oxydirend einwirkt, so können wir auch kaum umhin, viele langsame Oxydationen, die in der Atmosphäre stattfinden, der Anwesenheit des Ozons zuzuschreiben. Da bei jeder elektrischen Ausgleichung, die in der Luft vor sich geht, auch Ozon gebildet wird, und diese Ausgleichungen nicht nur etwa bei einem Gewitter, sondern unaufhörlich stattfinden, so müfste sich das Ozon in der Atmosphäre nach und nach anhäufen, wenn nicht Vorsorge getroffen wäre, dasselbe wieder zu entfernen. Diefs geschieht nun eben durch die Masse oxydirbarer Materien, welche sich auf der Oberfläche der Erde befinden und da mit der ozonhaltigen Luft in Berührung stehen.

Die wenigsten Körper, seyen sie einfach, seyen sie zusammengesetzt, verbinden sich bei gewöhnlicher Temperatur mit dem freien ungebundenen Sauerstoff; sollen sie eine solche Verbindung eingehen, so müssen dieselben vorerst beträchtlich erhitzt werden. Eine eben so bekannte Thatsache ist es auch, dafs Sauerstoff, wenn er sich in gewissen Verbindungszuständen befindet, ohne Hülfe der Wärme mit einer grofsen Zahl oxydirbarer Materien sich vereinigen kann. Von diesen Erfahrungssätzen ausgehend, müssen wir es sehr auffallend finden, dafs manche Metalle, namentlich aber organische Materien, in der atmosphärischen Luft verhältnifsmäfsig so rasch sich oxydiren, d. h. in Kohlensäure und Wasser verwandelt werden; und es mufs dieser Umstand noch um so aufserordentlicher erscheinen, als gerade der Kohlenstoff und Wasserstoff es sind, welche hohe Temperaturen erheischen, um sich mit freiem Sauerstoff zu verbinden. Dieser Thatsachen halber fällt es uns auch schwer, anzunehmen, dafs der freie gasförmige Sauerstoff der Atmosphäre unmittelbar auf den Kohlenstoff und Wasserstoff der organischen Substanzen einwirke und die Umwandlung derselben in Kohlensäure und Wasser bewerkstellige. — Da nun nach meinen Erfahrungen das

Ozon schon bei gewöhnlicher Temperatur die organischen Farbstoffe zerstört und diese Wirkung sicherlich von dem Sauerstoff der riechenden Materie hervorgebracht wird, da mit andern Worten dieses Bleichen auf einer theilweisen Oxydation der fraglichen Pigmente beruht, so erhellt aus dieser Thatsache die Möglichkeit, dafs das gleiche Ozon auch noch auf andere organische Substanzen als blofs auf die Farbstoffe oxydirend einwirke, und wird es wahrscheinlich, dafs das atmosphärische Ozon, z. B. bei der Verwesung der Pflanzen- und Thierstoffe, bei der durch das Athmen bewerkstelligten Blutveränderung, bei dem gewöhnlichen Bleichen, bei dem Rosten der Metalle u. s. w., eine Rolle spiele. Hiemit will ich indessen nicht sagen, dafs die erwähnten Oxydationen einzig nur oder vorzugsweise dem Ozon zugeschrieben werden sollen, welches durch die Vermittlung der Elektricität in der atmosphärischen Luft sich bildet.

Wie meine Beobachtungen gelehrt haben, kann das Ozon auch auf anderem als elektrischem Wege erzeugt werden, so namentlich durch Contactswirkungen oder katalytischen Einflufs. Der Phosphor in seiner Einwirkung auf feuchte atmosphärische Luft liefert uns in dieser Beziehung das allerbelehrendste Beispiel, und wir können das merkwürdige Verhalten dieses Körpers als ein Fundamentalphänomen betrachten, das uns die wichtigsten Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Wirksamkeit des Oxons gewährt, und an welchem wir auch unsere Ideen über die Ursache der langsamen in der Atmosphäre stattfindenden Oxydationsprocesse erläutern wollen.

Der Phosphor gehört zu den oxydirbarsten Stoffen, welche wir kennen, und dennoch verbindet sich derselbe nicht merklich bei gewöhnlicher Temperatur mit dem freien Sauerstoff der Luft, falls diese vollkommen trokken ist. Es tritt aber in dieser Luft bei gewöhnlicher Temperatur die Säuerung und das damit so innig ver-

knüpfte Leuchten des Phosphors ein, sobald jener (der Luft) Wasser gegeben wird, und sofort kommt unter diesen Umständen auch die eigenthümliche Materie zum Vorschein, welche ich Ozon nenne, und von welcher wir jetzt wissen, dafs sie ein höchst oxydirendes Princip ist und schon bei gewöhnlicher Temperatur einen Theil ihres Sauerstoffs an eine Reihe oxydirbarer Körper abtritt. Dieses Ozon nun, das mit Phosphor in Berührung kommt, wirkt deshalb auch sofort auf letztgenannten Körper ein und wandelt ihn ziemlich rasch in Säure um, so dafs diese Oxydation nicht sowohl durch den freien Sauerstoff der Atmosphäre, als durch denjenigen Sauerstoff bewerkstelligt wird, welcher unter dem katalytischen Einflufs des Phosphors mit dem Wasser zu Ozon sich verbunden. Man sieht leicht ein, dafs der Kohlenstoff z. B., wie der Phosphor, das Phänomen der langsamen Verbrennung in feuchter atmosphärischer Luft zeigen würde, wenn jener Körper ein katalytisches Vermögen besäfse, gleich stark demjenigen, dessen sich der Phosphor erfreut, und wenn der Kohlenstoff zu gleicher Zeit im Stande wäre, mit dem Sauerstoff des Ozons bei gewöhnlicher Temperatur sich zu vereinigen.

Jeder Chemiker weifs, dafs wasserfreie atmosphärische Luft selbst auf sehr leicht oxydirbare Metalle bei gewöhnlicher Temperatur nicht einwirkt, und dafs trokkene organische Substanzen in wasserfreier Luft unter den gewöhnlichen Temperaturverhältnissen ebenfalls nicht zersetzt werden, nicht in Kohlensäure und Wasser zerfallen. Aus dieser Thatsache erhellt, dafs aufser dem Sauerstoff auch noch das Wasser eine wesentliche Rolle bei der langsamen Oxydation dieser Körper spielt. Meines Wissens hat man die Wirksamkeit des Wassers aus dem Umstande abzuleiten gesucht, dafs dasselbe eine gewisse Menge von Sauerstoff auflöst. Man nimmt an, dafs dieser Körper, durch die Vermittlung des Wassers seiner Gasform beraubt, das fragliche Oxydationswerk verrich-

ten könne, weil in diesem Zustande ein Hindernifs, das die chemische Vereinigung der Stoffe erschwere, die Luftigkeit nämlich, beseitigt sey. Wir wollen die Meinung, gemäfs welcher die Gasform eines Körpers der Verwandtschaft desselben zu anderen Materien entgegenwirke, hier nicht besprechen, wir wollen sie als gegründet ansehen, wie Vieles sich auch gegen dieselbe sagen liefse.

So lange man den merkwürdigen Einflufs nicht kannte, welche der Phosphor auf die feuchte Atmosphäre ausübt, so konnte man wohl die in der letzteren stattfindende Säuerung dieser Substanz auf die eben angegebene Weise erklären; heute aber dürfen wir eine solche Theorie nicht mehr für genügend halten, und sind wir gezwungen, die Oxydation oder die langsame Verbrennung des Phosphors in atmosphärischer Luft, wo nicht ausschliefslich, doch vorzugsweise auf Rechnung des Ozons zu schreiben, welches sich unter dem katalytischen Einflufs des Phosphors aus atmosphärischem Sauerstoff und Wasserdampf bildet.

Wenn aber der Phosphor das Vermögen besitzt, den Sauerstoff der Atmosphäre zu bestimmen, mit dem Wasserdampfe derselben zu Ozon zusammen zu treten, so dürfte wohl die Vermuthung eine nicht sehr gewagte zu nennen seyn, welche den Besitz dieses Vermögens auch noch auf andere oxydirbare Körper ausdehnte, und welche Vermuthung dahin ginge, dafs solche Körper in Berührung mit dem Sauerstoff und Wasserdampf der Atmosphäre eine Ozonbildung und dadurch auch ihre eigene Oxydation veranlafsten.

Höchst beachtenswerth in dieser Beziehung ist das Verhalten, welches das sogenannte Scheinholz in atmospärischer Luft zeigt. Es erleidet diese Substanz in der Atmosphäre die langsame Verbrennung in ähnlicher Weise, wie der Phosphor selbst. Die Umstände, unter welchen das fragliche Holz die erwähnte Erscheinung zeigt, sind in der That mit denen wesentlich übereinstimmend, unter welchen die langsame Verbrennung des Phosphors

stattfindet. Entzieht man dem Scheinholz sein Wasser auf irgend eine Art, und bringt man das trockene Holz in wasserfreie Luft, so wird es darin weder im Dunkeln leuchten, noch irgend eine merkliche Menge Kohlensäure erzeugen, gerade so, wie unter diesen Umständen der Phosphor weder leuchtet, noch phosphatische Säure bildet. Und in dem ersteren Falle kann man nicht sagen, daſs der Mangel des Wassers die Oxydation des Scheinholzes deshalb verhindere, weil das Erzeugniſs einer solchen langsamen Verbrennung eine Schutzhülle um die brennbare Materie bilde, wie dieſs vielleicht beim Phosphor geltend gemacht werden könnte; denn die Kohlensäure ist gasförmig und daher im Stande, unmittelbar nach ihrer Bildung in die umgebende trockene Luft sich zu zerstreuen. Es erscheint mir daher nicht wahrscheinlich, daſs das eigenthümliche Verhalten des Scheinholzes den gleichen Grund hat, dem der Phosphor seine so merkwürdigen Eigenschaften verdankt. Wenn aber diese Vermuthung gegründet seyn sollte, so dürften wir vielleicht auch noch weiter gehen und annehmen, daſs die organischen Materien überhaupt, d. h. der in ihnen vorhandene Kohlenstoff und Wasserstoff, ein solches katalytisches Vermögen besitzen, und daſs sie alle deshalb nur in feuchter Luft sich oxydirten, weil sie aus derselben vorher Ozon bildeten. Den Grund, weshalb nicht auch freier Kohlenstoff und freier Wasserstoff ein solches Vermögen in merklichem Grade besitzen, kennen wir eben so wenig, als die Ursache, welche bewirkt, daſs Sauerstoff in gewissen Verbindungszuständen energischer oxydirt, als dieſs freier und ungebundener Sauerstoff thut.

Das Leuchten des Meeres, das nie fehlt, denjenigen mit Staunen zu erfüllen, welcher diese herrliche Erscheinung zum ersten Male beobachtet, scheint theilweise wenigstens von organischer Materie herzurühren, die höchst fein zertheilt in den Gewässern des Oceans verbreitet ist. Und wenn ich mich nicht täusche, ist dieſs auch die

Ansicht eines Mannes, der mit Recht für einen der ersten Naturbeobachter unserer Tage gilt. Ich rede von Ehrenberg. Die Intensität der fraglichen Erscheinung ist bekanntlich nicht überall gleich, und findet das Phänomen in tropischen Meeren durchschnittlich lebhafter statt, als in den Gewässern der kälteren Zonen. Eben so ist wohl bekannt, daſs das Leuchten des Meeres mit dessen Bewegung oder, um eigentlicher zu reden, mit dem Umstande innig zusammenhängt, daſs möglichst viele seiner Theile in unmittelbare Berührung mit der atmosphärischen Luft gerathen. Indem ein Schiff das Meer zertheilt oder dieses durch den Wind in Bewegung versetzt wird, kommen immer neue, mit organischer Substanz beladene Wassertheilchen in unmittelbare Berührung mit der Luft, und da eben unter diesen Umständen immer auch das Leuchten des Meeres eintritt, so vermutheten Ehrenberg und Andere, daſs die atmosphärische Luft an dieser prachtvollen Erscheinung einen wesentlichen Theil habe, und geistreich und sinnig genau hat der ausgezeichnete berliner Naturforscher die Ursache derselben in einer Art von Athmen des Meeres gesucht. Würde das Seewasser wirklich Phosphor enthalten, so zweifelte sicherlich Niemand daran, daſs das Leuchten des Meeres von der auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffes stattfindenden langsamen Verbrennung jener Substanz herrühre, und leicht begriffe es sich, daſs Wellenschlag, Temperatur u. s. w. einen Einfluſs auf das in Rede stehende Phänomen ausübt. Im Scheinholz kennen wir eine organische Materie, die, wie der Phosphor, in der Luft langsam verbrennt und leuchtet, welcher Umstand, wie wir dieſs vorhin bemerkt haben, der Vermuthung Raum giebt, daſs Scheinholz und Phosphor in ähnlicher Weise auf die atmosphärische Luft einwirken, d. h. in dieser erst die Bildung von Ozon bestimmen, und nachher auf Kosten dieser Verbindung sich oxydiren. Wenn aber das Scheinholz ein solches Vermögen besitzt, so ist es möglich, ja

wahrscheinlich, daſs auch noch andere organische Substanzen mit demselben begabt sind; und dieſs dürfte eben der Fall seyn mit der im Meerwasser verbreiteten und höchst fein zertheilten Materie, welche ihren Ursprung in den Millionen der im Ocean täglich absterbenden organischen Wesen nimmt. Der geäuſserten Vermuthung gemäſs könnte demnach diese Materie, hinsichtlich ihres Verhaltens gegen die atmosphärische Luft, als Stellvertreterin des Phosphors oder des Scheinholzes angesehen, und müſste das Leuchten des Meeres in der gleichen Ursache gesucht werden, von welcher wir die langsame Verbrennung des Phosphors ableiten. Es wäre somit, dieser Ansicht gemäſs, das Leuchten des Meeres die Folge eines durch seine Ausdehnung riesenhaften Verbrennungsprocesses, vermittelt nicht unmittelbar durch den atmosphärischen Sauerstoff, sondern durch den des Ozons, welches sich unter dem katalytischen Einfluſs der fraglichen marinischen Materie aus dem Sauerstoff der Luft und dem Wasser bildete.

Daſs es auch thierische Materien giebt, welche auf eine dem Phosphor ähnliche Weise in der atmosphärischen Luft leuchten, beweisen die Leuchtwürmer und andere lichtentwickelnde Thiere. Eben so bekannt ist es, daſs bisweilen in Fäulniſs begriffene thierische Materien, wie z. B. Leichname, einen phosphorischen Schein von sich geben. So weit die Versuche gehen, sind diese Erscheinungen, wie das Leuchten des Phosphors und des Scheinholzes, an die Anwesenheit der Atmosphäre oder des Sauerstoffes geknüpft, und dürfen dieselben deshalb auch als langsame, von Lichtentwicklung begleitete Verbrennungen angesehen werden. Aus diesen Thatsachen erhellt die Möglichkeit, daſs die marinische Materie, von der vorhin die Rede gewesen und welche vorzugsweise von gestorbenen Thieren, Fischen und dergleichen herrührt, auch ein Leuchtvermögen besitzen kann. In Bezug auf das Leuchten des Scheinholzes und gewisser thie-

rischen Substanzen scheint mir die Thatsache beachtenswerth zu seyn, dafs die Lichtentwicklung dieser Materien aufhört, sobald man sie bis auf einen gewissen Grad erwärmt. Da das fragliche Phänomen mit einer langsamen Oxydation der lichtentwickelnden Substanzen im engsten Zusammenhange steht, und durchschnittlich die chemische Thätigkeit der Körper erhöht wird durch eine Steigerung ihrer Temperatur, so sieht man schwer ein, warum Scheinholz u. s. w. in Folge einer Erwärmung das Leuchtvermögen verlieren. Leicht aber begreift sich die von der Wärme ausgeübte hemmende Wirkung, wenn man annimmt: es werde das Leuchten dieser Körper, wie dasjenige des Phosphors, durch das unter ihrem Einflufs gebildete Ozon veranlafst. Wie nun durch siedendes Wasser die gährungserregende Kraft der Hefe vernichtet wird, so könnte auch das die Ozonbildung veranlassende Vermögen organischer Materien bei höheren Temperaturen entweder gänzlich zerstört oder bedeutend vermindert werden, und hierin würde dann die Ursache liegen, weshalb organische Materien nach ihrer Erhitzung nicht mehr zu leuchten vermögen.

Dafs in unserem Körper fortwährend Kohlensäure und Wasser erzeugt werden, und die Bildung dieser Verbindungen mit dem Einathmen der Atmosphäre und der Blutumwandlung zusammenhängt, darf wohl als eine ausgemachte Thatsache angesehen werden. Wo nun auch diese Kohlensäure und dieses Wasser gebildet werden mögen, so viel ist jedenfalls gewifs, dafs der hiezu nöthige Kohlen- und Wasserstoff vom thierischen Körper geliefert wird, und die Oxydation dieser Elemente bei einer Temperatur stattfindet, bei welcher dieselben in ihrem isolirten Zustande nicht mit dem Sauerstoff sich zu vereinigen vermöchten. Aus der verhältnifsmäfsig grofsen Menge der beim Athmen erzeugten Kohlensäure und der Armuth der Luft an schon gebildetem Ozon erhellt zur Genüge, dafs diese Kohlensäure nicht auf Kosten des

Sauerstoffes des eingeathmeten Ozons gebildet werden kann. Sollte nun vielleicht das Blut auf die in dem Körper eingeführte Luft in ähnlicher Weise wirken, wie diefs der Phosphor oder das Scheinholz thut? Sollte die im Körper erzeugte Kohlensäure als Erzeugnifs der Einwirkung des Ozons auf das Blut betrachtet werden dürfen, desjenigen Ozons nämlich, welches unter dem katalytischen Einflufs des Blutes aus dem atmosphärischen Sauerstoff und Wasser gebildet würde? Könnte also der in feuchte atmosphärische Luft gestellte Phosphor, in chemischer Beziehung wenigstens, mit einem in der gleichen Luft athmenden Thiere verglichen werden? Und erzeugt dieses Thier gerade so aus seinem Blute die Kohlensäure, wie der Phosphor die phosphatische Säure? Wie auffallend diese Fragen auch Manchem klingen mögen, so kann man sich doch kaum enthalten, sie aufzustellen, nachdem wir in dem Ozon ein so energisches Oxydationsmittel und einen so merkwürdigen Weg gefunden haben, diese wundersame Materie zu erzeugen.

Welches Licht auch schon chemische und physiologische Forschungen auf das Athmen geworfen haben, so ist diese bedeutungsvolle physiologische Thätigkeit doch noch weit entfernt vollkommen verstanden zu seyn, und zeigt dieselbe noch viele dunkle und unbegriffene Seiten; deswegen mufs auch jede Thatsache, die nur irgendwie einen Bezug auf die Respiration hat und entfernt verspricht das Geheimnifs dieser Function weiter zu enthüllen, das ganze Interesse der Physiologen in Anspruch nehmen. Und da die in diesem Aufsatze besprochenen Gegenstände von einer solchen Art sind, dafs sie so zu sagen von selbst an mögliche Beziehungen zum Athmen erinnern, so dürften sie vielleicht nicht nur die Chemiker, sondern auch die Physiologen einiger Aufmerksamkeit würdigen.

Bei der aufserordentlichen Wichtigkeit der Rolle, welche die atmosphärische Luft auf dem Gebiete der organischen wie unorganischen Welt spielt, ist überhaupt

zu wünschen, dafs dieselbe je länger je mehr Gegenstand der vielseitigsten und umsichtigsten Forschung werde, und dafs die Chemiker insbesondere ihre Blicke auf die Erscheinungen richten, welche in der Atmosphäre stattfinden und durch diese bedingt werden. Trotz der grofsen Verdienste, welche die neuere Wissenschaft auf diesem Forschungsgebiete sich schon erworben hat, unterliegt es doch keinem Zweifel, dafs noch unendlich viel auf demselben zu entdecken ist, darauf noch die gröfsten Geheimnisse zu enthüllen sind. Indem ich der Meinung bin, es sey uns in dem Verhalten des Phosphors zur atmosphärischen Luft ein Fundamentalphänomen bekannt geworden, so glaube ich auch, dafs dasselbe, wenn einmal völlig verstanden, uns die schönsten und überraschendsten Aufschlüsse über die Ursache einer Reihe von Naturerscheinungen gewähren werde. Um zur Verfolgung eines solches Zieles anzuregen, um die Chemiker auf gewisse, ihrem Gebiete angehörige Erscheinungen aufmerksam zu machen und zu deren weiterer Erforschung zu veranlassen, sind vorstehende Bemerkungen geschrieben worden.

Basel, den 5. April 1845.

II. *Das Ozon verglichen mit dem Chlor; von C. F. Schoenbein.*

Viele wesentlichen Eigenschaften des Ozons sind mit denen des Chlors so übereinstimmend, dafs ich beide Materien zusammenstellte und die erstere für einen einfachen und salzbildnerischen Körper zu halten geneigt war. Da die Ergebnisse sowohl meiner eigenen neueren Untersuchungen als derjenigen von Marignac es im hohen Grade wahrscheinlich machen, dafs das Ozon eine

höhere Oxydationsstufe des Wasserstoffs oder, wenn man lieber will, eine eigenthümliche Verbindung des Wassers mit dem Sauerstoff ist, so müssen wir freilich dieses Ozon, seiner Zusammengesetztheit halber, vom Chlor wieder entfernen, falls wir nämlich letzteres, der heutigen Theorie gemäſs, als einen einfachen und somit sauerstofflosen Körper betrachten. Insofern aber die Einfachheit oder Sauerstofflosigkeit des Chlors noch keineswegs eine erwiesene Sache ist, und bekanntlich alle die durch diesen Körper veranlaſsten chemischen Wirkungen nach der älteren, von Berzelius so lange vertheidigten Theorie eben so gut als nach der Davy'schen Ansicht erklärt werden können, so scheint mir gerade die Existenz des Ozons dazu aufzufordern, die beiden Theorien auf's Neue zum Gegenstand der Untersuchung und Vergleichung zu machen.

Gründe der Analogie und der theoretischen Bequemlichkeit waren es allein, welche die Chemiker bestimmten, die ältere Ansicht aufzugeben und der neueren zu huldigen. Weil das Cyan mit dem Quecksilber eine Verbindung bildet, ähnlich dem Chlorquecksilber; weil dasselbe Cyan mit dem Sauerstoff und mit dem Wasserstoff Säuren erzeugt, die einige Analogien zeigen mit der Chlorsäure und der Chlorwasserstoffsäure; weil selbst bei den höchsten Temperaturen das Chlor den so leicht oxydirbaren Kohlenstoff nicht angreift; weil die trockene hypothetische Salzsäure der älteren Chemiker nicht darstellbar, und weil endlich als Erklärungsmittel die neue Ansicht bequemer als die ältere ist: deshalb gab man die sonst so genügende Theorie von Berthollet auf und setzte an ihre Stelle die Davy'sche. Hiedurch sah man sich gezwungen, eine Summe von chemischen Analogien der neuen Erklärungsweise zu opfern, welche Summe, bei rechtem Lichte betrachtet, gröſser erscheint als diejenige, welcher zu lieb die jetzt herrschende Ansicht angenommen wurde. Die zahlreiche Klasse der salzsauren Salze, welche eine so groſse Aehnlichkeit mit den Sauer-

stoffsalzen haben, mufsten, der neuen Theorie gemäfs, von einem ganz veränderten Gesichtspunkte aus betrachtet werden; ja, weil zwischen beiden Reihen salinischer Körper die Analogien zu schlagend waren, sah man sich gezwungen, die früher bestandene Ansicht über die Sauerstoffsalze wie über die Sauerstoffsäuren zu verändern, und eine grofse Anzahl hypothetischer, dem Chlor ähnlicher oder dem Cyan analog zusammengesetzter Salzbildner zu ersinnen, von denen aber eben so wenig, als die trockene Salzsäure der älteren Chemie, auch nur ein einziger bis jetzt dargestellt worden wäre. Des Willkührlichen und Hypothetischen hat daher die neuere Ansicht allerwenigstens eben so viel, wo nicht mehr, als die ältere Theorie, und in dieser Beziehung scheint jene vor dieser keine besonderen Vorzüge zu besitzen.

Ehe ich weiter in die Würdigung beider Chlortheorien eintrete, sey es mir gestattet, die Aehnlichkeiten hervorzuheben, welche zwichen dem Ozon und dem Chlor bestehen.

1) Wenn wir das Ozon auch noch nicht im völlig isolirten Zustand kennen, so wissen wir von ihm doch, dafs es bei gewöhnlicher Temperatur dampf- oder gasförmig existirt. Das Chlor besitzt unter den gleichen Umständen ebenfalls die Gasform.

2) Im möglichst concentrirten Zustande, in welchem das Ozon bis jetzt hat dargestellt werden können, besitzt es einen Geruch, der an denjenigen des Chlors, Broms und Jods gleichzeitg erinnert, und mit dem Geruch keines anderen Körpers zu vergleichen ist.

3) Das Ozon polarisirt gerade wie das Chlor, Brom und Jod das Gold und Platin äufserst kräftig und im negativen Sinne.

4) Das Ozon wird schon bei gewöhnlicher Temperatur von den meisten Metallen verschluckt, und bekannt ist, dafs sich das Chlor auf eine ähnliche

Weise verhält. Kennen wir ersteres einmal im isolirten Zustand, so zweifle ich kaum, dafs in dem Gase desselben viele Metalle mit Licht- und Wärmeentwicklung, gerade so wie im Chlorgase, verbrennen.

5) Das Ozon wird, wie das Chlor, schon bei gewöhnlicher Temperatur vom Phosphor unter mäfsiger Wärme- und Lichtentwicklung aufgenommen.

6) Das Ozon wird, wie das Chlor, ebenfalls bei gewöhnlicher Temperatur vom Jod verschluckt.

7) Das Ozon zersetzt plötzlich und bei gewöhnlicher Temperatur den Schwefelwasserstoff nebst einigen anderen analog zusammengesetzten Wasserstoffverbindungen, und verhält sich somit auch in dieser Hinsicht auf eine dem Chlor ähnliche Weise.

8) Schweflige Säure wird durch das Ozon in Schwefelsäure übergeführt, wie diefs bei Gegenwart von Wasser auch das Chlor zu thun im Stande ist.

9) Das Ozon zersetzt das Bromkalium, das Jodkalium, das Kaliumeisencyanür, und auch das Chlor bewerkstelligt diese Zersetzungen.

10) Das Ozon bleicht, wie das Chlor, Schwefelblei und andere Schwefelmetalle.

11) Das Ozon zerstört, wie das Chlor, alle Pflanzenfarben vollständig und mit grofser Energie.

12) Das Ozon endlich, wenn in gehöriger Menge eingeathmet, veranlafst catarrhalische Affectionen, ganz ähnlich denen, welche das Chlor hervorbringt.

Wenn es nun kaum einem Zweifel unterliegen kann, dafs die angeführten Wirkungen des Ozons von einem Theil des in ihm gebundenen Sauerstoffs herrühren, wenn die Berthollet'sche Theorie mit keiner einzigen bis jetzt bekannt gewordenen Thatsachen im Widerspruche steht, und nach ihr alle Wirkungen des Chlors erklärt werden können, so mufs man es wenigstens für möglich halten, dafs letzterer Körper ebenfalls Sauerstoff gebunden

den enthält, und von diesem die Reactionen des Chlors gerade so abhängen, wie die Wirkungen des Ozons von dem in ihm enthaltenen Sauerstoff bedingt werden.

Es ist eine in theoretischer Hinsicht äufserst bedeutungsvolle, und ich füge bei, eine bis jetzt viel zu wenig gewürdigte Thatsache, dafs freier Sauerstoff weniger leicht mit den oxydirbaren Körpern sich vereinigt, als diefs derjenige Sauerstoff thut, welcher sich in gewissen Verbinbindungszuständen befindet. Man braucht nur an gewisse Säuren und Hyperoxyde zu denken, um sich von der Richtigkeit dieser Behauptung zu überzeugen.

Die Hälfte des Sauerstoffs, enthalten in der Chromsäure, befindet sich in einem solchen Zustand chemischer Erregtheit, dafs er nicht nur Aether oder Weingeist, sondern sogar Papier bei gewöhnlicher Temperatur entzündet; während freier Sauerstoff unter diesen Umständen wenig oder gar nicht auf die erwähnten Substanzen einwirkt. Wie ich dies schon früher in den Annalen bemerkt habe, zerstören sogar in der Kälte schon die Superoxyde des Mangans und des Bleis die Indigolösung, und scheiden die gleichen Oxyde, wenn mit Jodkaliumlösung zusammengebracht, aus diesem Jod ab unter gleichzeitiger Erzeugung von Jodsäure. Der in dem chlorsauren Kali gebundene Sauerstoff wird bei der geringsten Veranlassung, z. B. in Folge eines Stofses auf oxydirbare Stoffe, z. B. auf Schwefel, Phosphor u. s. w., übertragen, und jeder Chemiker kennt die Leichtigkeit, mit der ein Theil des Sauerstoffs der Salpetersäure mit Metallen u. s. w. sich verbindet. Das schlagendste hieher gehörige Beispiel liefert das Ozon selbst, welches, wie meine und Marignac's Versuche zeigen, selbst Jod und Silber bei gewöhnlicher Temperatur zu oxydiren vermag, während freier Sauerstoff unter solchen Umständen nicht im Geringsten auf diese Körper einwirkt. Die Affinitäten des ungebundenen Sauerstoffs werden in der Regel erst bei höheren Temperaturen erregt, so dafs nach

den Angaben mancher Chemiker selbst die alleroxydirbarsten Metalle in trockenem und kaltem Sauerstoff unverändert bleiben. Gehen wir nun von der Berthollet'schen Ansicht aus, gemäfs welcher das Chlor aus wasserfreier Salzsäure und Sauerstoff besteht, so wird durch diese Hypothese das Vermögen des Chlors schon bei gewöhnlicher Temperatur mit einer grofsen Anzahl von Körpern sich zu verbinden, vollkommen begreiflich. Der im Chlor gebundene Sauerstoff befindet sich in einem Zustande chemischer Erregtheit, ähnlich dem, in welchem das gleiche Element im Ozon, in der Chromsäure, in den Superoxyden u. s. w. existirt, und in welchem es (der Sauerstoff) befähigt ist, schon bei gewöhnlicher Temperatur mit vielen Stoffen eine chemische Verbindung einzugehen. Sind nun letztere von einer solchen Art, dafs sie im oxydirten Zustande innige Verbindungen bilden mit der wasserfreien Salzsäure, in welchem Falle der Wasserstoff, Phosphor, Schwefel und die meisten, wo nicht alle Metalle sich befinden, so mufs diefs ein weiterer Grund seyn, weshalb die oxydirte Salzsäure schon ohne Mithülfe der Wärme auf die besagten Körper einwirkt. Zwei Thatsachen sind es, welche vorzugsweise dazu beigetragen haben, die Berthollet'sche Ansicht zu verdrängen und der oxydirten Salzsäure den Ruf der Einfachheit zu erwerben: nämlich die Wirkungslosigkeit dieser Säure auf den so leicht oxydirbaren Kohlenstoff und die Entdeckung des Cyans.

Was die Schwierigkeit betrifft, welche die erstere Thatsache der fraglichen Hypothese entgegenstellt, so läfst sich dieselbe leicht durch die Annahme beseitigen, dafs die wasserfreie Salzsäure der älteren Chemiker nur in einem einzigen Verhältnisse mit der Kohlensäure sich vereinige (in demjenigen nämlich, in welchem beide Säuren im Phosgengas sich vorfinden), und auch keine Verbindung zwischen der wasserfreien Salzsäure und dem Kohlenoxyd bestehen kann. Diese Voraussetzung, zu-

sammengenommen mit der älteren Theorie, gemäfs welcher die Salzsäure eben so wenig für sich existiren kann, als z. B. die Salpetersäure, erklärt die Wirkungslosigkeit der oxydirten Salzsäure vollkommen. Bezeichnet man die hypothetische Salzsäure der älteren Chemiker mit $\overline{M}$, so ist die oxydirte Salzsäure $\overline{M}+O$. Nun könnte $\overline{M}+O$ mit C möglicher Weise eine Verbindung bilden, aus $\overline{M}+CO$ bestehend, d. h. salzsaures Kohlenoxyd; unserer Voraussetzung gemäfs existirt aber eine solche Verbindung nicht. 2 $(\overline{M}+O)$ könnten mit C Kohlensäure, d. h. CO_2, erzeugen, wobei dann $2\overline{M}$ frei werden müfsten; vermögen aber $2\overline{M}$ nicht mit CO_2 sich zu verbinden, und kann nur $\overline{M}$ mit CO_2 sich vereinigen, so müfste das eine $\overline{M}$ frei existiren, was aber nach der Berthollet'schen Ansicht nicht möglich ist. Von der Unmöglichkeit des Bestehens einer Verbindung von $\overline{M}+CO$ und einer Verbindung von $2\overline{M}+CO_2$, und der Unmöglichkeit der Existenz freier wasserloser Salzsäure, würde somit die fragliche Wirkungslosigkeit der oxydirten Salzsäure eine nothwendige Folge seyn. Auf die Frage, warum denn solche Verbindungen nicht bestehen können, weifs ich eben so wenig zu antworten, als mir irgend ein Chemiker sagen kann, weshalb die Kohlensäure keine Verbindung mit dem Aluminiumoxyd eingeht, weshalb es überhaupt nicht viele scheinbar an und für sich leicht mögliche Verbindungen in der Wirklichkeit giebt.

In Betreff des Cyans läfst sich in der That nicht läugnen, dafs es mit dem Chlor in mancher Beziehung eine grofse Analogie habe, obgleich andererseits auch nicht in Abrede gestellt werden kann, dafs eine solche Analogie mehr in einigen Verbindungen besteht, welche diese Körper mit gewissen Materien eingehen, als in der Aehnlichkeit der Eigenschaften, welche sie im isolirten

Zustande besitzen. Wie dem aber auch seyn mag, so begreift sich leicht, wie man veranlafst werden konnte, das Chlor mit dem Cyan in eine Klasse von Körpern zu stellen. Aber indem diefs geschah, mufste man auch die aufserordentliche Behauptung aussprechen: es könne ein zusammengesetzter Körper die Rolle eines Elementes spielen. Von einer solchen Annahme hat man, wie zur Genüge bekannt ist, in der neueren Zeit einen ausgedehnten Gebrauch gemacht zum Behufe der Erklärung einer grofsen Anzahl von Thatsachen der organischen Chemie, des Umstandes ungeachtet, dafs noch nicht ein einziges organisches Element, z. B. weder ein Aethyl, Acetyl, Formyl, noch irgend ein anderes Yl, sich hat darstellen lassen.

Um eine Analogie zwischen dem Cyan und dem Chlor, der älteren Chemie gemäfs, herzustellen, müfste man annehmen, dafs jenes, wie das Chlor, eine sauerstoffhaltige Materie sey. Wenn aber das Cyan bei seiner Zersetzung nichts Anderes liefert, als Stickstoff und Kohlenstoff, woher denn den Sauerstoff für das Cyan nehmen? Gingen wir von der Hypothese aus, die Berzelius über die Natur des Stickstoffs aufgestellt hat, und welcher gemäfs dieser Körper aus Nitricum und Sauerstoff zusammengesetzt wäre, so liefse sich begreifen, wie das Cyan ein der oxydirten Salzsäure ähnlicher Körper seyn und Sauerstoff enthalten könnte. C_2N (unter N das Nitricum verstanden) müfste dann als eine Materie angesehen werden, ähnlich dem $\overline{M}$, und wie $\overline{M} + O = Cl$, so wäre $C_2N + O = Cy$. Bei der Vereinigung des $C_2N + O$ mit Kalium z. B. würde $C_2N + KO$ entstehen, wie sich bei der Verbindung des $\overline{M} + O$ mit dem gleichen Metall $\overline{M} + KO$ bildet. Die trockene Cyanwasserstoffsäure hätte man bei einer solchen Betrachtungsweise natürlich auch als $C_2N + HO$ anzuse-

hen, wie nach der alten Theorie die wasserfreie Chlorwasserstoffsäure $=\overline{M}+HO$ ist. Einen eigenthümlichen theoretischen Vortheil würde aber die fragliche Ansicht noch dadurch gewähren, dafs sie zweien Körpern, welche hinsichtlich ihres chemischen Charakters so viele Aehnlichkeit mit einander haben, auch eine ähnliche Zusammensetzung gäbe, während die heutige Theorie trotz dieser Aehnlichkeit nur den einen der erwähnten Körper für eine zusammengesetzte Materie ansehen darf, den andern aber für ein Element auszugeben sich gezwungen sieht. In der That, wenn bei dem heutigen Stande der Chemie sich eine Sache schwer begreifen läfst, so ist es die Annahme, dafs ein zusammengesetzter Körper in chemischer Hinsicht wie ein einfacher sich soll verhalten können, wie also namentlich der elementare Kohlenstoff mit dem ebenfalls für einfach geltenden Stickstoff eine Verbindung bilden kann, ähnlich einem Urstoffe (dem Chlor), der sich von jenen beiden Elementen unterscheidet, wie der Tag von der Nacht.

Vergleicht man die Verbindungen, welche der Sauerstoff mit den elementaren Körpern eingeht mit denen, die das Chlor mit den gleichen Materien bildet, so mufs die Analogie auffallen, welche zwischen den beiden Verbindungsreihen hinsichtlich ihrer stöchiometrischen Zusammensetzung besteht. Das Jod und das Brom abgerechnet, giebt es keinen anderen Körper, dessen Verbindungen in der erwähnten Hinsicht eine so grofse Uebereinstimmung zeigten, als diejenige ist, welche zwischen den Chloriden und Oxyden besteht. Es verliert aber diese Uebereinstimmung ihr Auffallendes sofort, wenn man der alten Chemie huldigt und das Chlor als eine Verbindung von einem Mischungsgewicht trockener Salzsäure und einem Mischungsgewicht Sauerstoff ansieht. Nach dieser Ansicht begreift sich von selbst, warum das Chlor in eben denselben Verhältnissen, z. B. mit dem Phosphor, sich

vereinigt, nach welchen mit diesem Körper der Sauerstoff zusammentritt; denn Phosphorchlorür ist $=PO_3+3\overline{M}$ und Phosphorchlorid $=PO_5+5\overline{M}$, während Chlor als $\overline{M}+O$ angesehen werden muſs.

Als merkwürdige Ausnahme von der Regel, gemäſs welcher elementare Körper keine eigentlichen chemischen Verbindungen mit dem Wasser eingehen, wird von den Chemikern die Thatsache hervorgehoben, daſs das Chlor, wie das mit diesem so verwandte Brom, eine solche Verbindung bildet; denn es giebt bekanntlich $Cl+10Aq$ und $Br+10Aq$. Betrachtet man aber das Chlor, der älteren Ansicht zufolge, als eine zusammengesetzte Materie, so hat die Verbindungsfähigkeit derselben mit Wasser durchaus nichts Auffallendes und Regelwidriges, und da bei Beurtheilung des wissenschaftlichen Werthes der beiden über das Chlor aufgestellten Theorien bis jetzt nur Analogien in Betracht gezogen werden konnten, so verdient die Fähigkeit des Chlors, ein Hydrat zu bilden, die allergröſste Beachtung.

Gehen wir mit Berthollet von der Annahme aus: das heutige Chlor sey $\overline{M}+O$, und betrachten wir das Ozon als eine Materie, hinsichtlich ihres chemischen Charakters übereinstimmend mit der oxydirten Salzsäure, so müssen wir auch das Wasser als eine Substanz ansehen, welche in Bezug auf den Sauerstoff eine Rolle spielt, ähnlich derjenigen, welche der wasserfreien Salzsäure der älteren Chemiker, dem $\overline{M}$ zukommt.

Da das Wasser mit den kräftigsten Salzbasen: dem Kali und den Natron, so innig sich verbindet, daſs selbst die stärkste Hitze dasselbe nicht auszutreiben vermag; da das Wasser überhaupt so gern Verbindungen mit den basischen Oxyden eingeht, so sagen deshalb auch die Chemiker, daſs es gegenüber den Basen sich als Säure verhalte, von welcher freilich angenommen werden muſs, daſs

sie eine äufserst schwache sey, und in dieser Hinsicht selbst der Kohlensäure nachstehe, indem das Wasser die basischen Eigenschaften der Alkalien kaum modificirt. HO dürften wir demnach mit $\overline{M}$ zusammenstellen, und beide für Säuren halten, die sich nur durch ihre Stärke von einander unterscheiden.

Wollten wir nun gemäfs dieser Ansichten die chemischen Reactionen des Ozons mit denen des Chlors parallelisiren, so würden wir Folgendes zu sagen haben. Tritt Ozon z. B. mit Kalium in Berührung, so vereinigt sich ein Theil des Sauerstoffs der ersteren Materie mit dem Metalle zu Oxyd, und das Wasser des Ozons mit dem Kali zu einer Salz ähnlichen Verbindung, in welcher aber wegen der Schwäche der Säure (des Wassers) die basischen Eigenschaften des Oxyds nicht aufgehoben sind. Vereinigt sich Chlor mit dem gleichen Metall, so findet ein Vorgang statt, gleich dem eben beschriebenen: der Sauerstoff der oxydirten Salzsäure wandelt das Kalium in basisches Oxyd um, und die ihres Sauerstoffs beraubte Salzsäure vereinigt sich mit dem Kali, das aber in diesem Falle, der gröfseren Stärke der Säure halber, vollkommen neutralisirt wird. In ähnlicher Weise liefsen sich auch die übrigen Reactionen des Ozons mit denen des Chlors gleichstellen, und könnte man eine vollkommene Analogie zwischen dem chemischen Verhalten beider Körper durchführen.

Die gröfsere Energie, welche das Chlor in seiner chemischen Wirkungsweise im Vergleich zum Ozon zeigt, begreift sich nach der älteren Ansicht sehr leicht. Die wasserfreie Salzsäure kann für sich allein nicht bestehen, ist zu gleicher Zeit eine äufsert kräftige Säure und besitzt eine sehr grofse Affinität, namentlich zum Wasser und den basischen Metalloxyden. Trifft nun das Chlor z. B. mit gewissen Wasserstoffverbindungen zusammen, so vereinigt es sich mit dem Wasserstoff derselben, wie

schon oben angedeutet wurde, aus zwei Gründen sehr leicht: einmal weil der Sauerstoff der oxydirten Salzsäure in einem Zustand starker chemischer Erregtheit sich befindet, und zweitens, weil die trockene Salzsäure so begierig ist mit Wasser sich zu verbinden. Aus den gleichen Gründen wirkt das Chlor auch so energisch auf die Metalle ein.

Die Analogie, welche zwischen dem chemischen Charakter des Wassers und der Salzsäure besteht, läfst sich bis auf die Erzeugungsweise der Oxydationsstufen beider Materien ausdehnen, wie aus folgender Darstellung erhellen wird. Läfst man durch ein Gemeng von Sauerstoff- und Wassergas elektrische Funken schlagen, so entsteht nach meinen Versuchen eine höhere Oxydationsstufe des Wasserstoffs oder des Wassers, nämlich das Ozon. Unterwirft man ein Gemeng von Sauerstoff- und Chlorwasserstoffgas der gleichen elektrischen Behandlung, so tritt Chlor auf. Nach der älteren Theorie bewerkstelligt die Elektricität eine Verbindung des Sauerstoffs mit der trocknen Salzsäure unter Abscheidung des mit dieser verbunden gewesenen Wassers, und findet diese Oxydation der Salzsäure statt in Folge der gröfseren Verwandtschaft, welche dieselbe zum Sauerstoff hat. In dem einen dieser Fälle wird also HO in Ozon, in dem andern das $\overline{M}$ in $\overline{M}+O$ durch Aufnahme von Sauerstoff verwandelt.

Geht ein Volta'scher Strom durch (kaltes) reines Wasser, so vereinigt sich ein Theil des unter diesen Umständen am positiven Pole ausgeschiedenen Sauerstoffs mit Wasser zu Ozon; und unterwirft man die gewöhnliche Salzsäure der gleichen Volta'schen Einwirkung, so wird das Wasser derselben zerlegt, und vereinigt sich der hiebei entbundene Sauerstoff mit $\overline{M}$ zu Chlor, gleichzeitig das mit dieser Salzsäure verbundene Wasser ausscheidend.

Da man aus mehreren Gründen annehmen muſs, daſs die Affinität des $\overline{M}$ zum Sauerstoff gröſser als diejenige des HO zum gleichen Elemente sey, so begreift sich auch, weshalb das Ozon nicht unter allen Umständen sich bildet, unter welchen das Chlor zum Vorschein kommt. Bringt man z. B. Braunstein und Salzsäure zusammen, so erzeugt sich, eben in Folge der gröſseren Affinität der letzteren zum Sauerstoff und der starken Verwandtschaft der gleichen Säure zum Manganoxydul, schon bei gewöhnlicher Temperatur Chlor, während Wasser und Braunstein unter den gleichen Umständen wirkungslos auf einander bleiben, da weder das Wasser gegen besagtes Oxydul, noch gegen den Sauerstoff eine Affinitätsstärke äuſsert, gleich derjenigen, welche dem $\overline{M}$ eigen ist. Selbst in dem Falle, wo dem Wasser noch Schwefelsäure beigemengt wird, bildet es mit dem Sauerstoff des Braunsteins kein Ozon. Bei erhöhter Temperatur vermag, nach meinen Beobachtungen, der Volta'sche Strom aus dem Wasser kein Ozon zu entbinden, und in diesem Umstande liegt vielleicht die Ursache, warum selbst schwefelsäurehaltiges Wasser, wenn mit Braunstein erhitzt, keine merkliche Menge von Ozon liefert.

Es fragt sich, ob auch der Phosphor im Stande sey, durch katalytischen Einfluſs den Sauerstoff zur chemischen Vereinigung mit dem $\overline{M}$ der gewöhnlichen Salzsäure zu bestimmen, ob also aus einem Gemenge von Sauerstoff und Chlorwasserstoff der Phosphor Chlor zu entbinden vermöge. Einige Chemiker geben an, daſs Phosphor in einem solchen Gemeng leuchte, und sollte hiemit ein wasserfreies verstanden seyn, so dürfte eine derartige Thatsache zu Gunsten der Ansicht sprechen, daſs das fragliche Leuchten von der Rückwirkung des unter dem Einfluſs des Phosphors gebildeten Chlors herrühre. Der Gegenstand verdient jedenfalls genau untersucht zu

werden, und ich stehe eben im Begriff, diefs selbst zu thun. Träte nun wirklich unter den erwähnten Umständen Chlor auf, so könnte freilich diese Thatsache auch mit der jetzt herrschenden Theorie in Uebereinstimmung gebracht werden, indem man annähme: die katalytische Thätigkeit des Phosphors bestimme den Sauerstoff, mit dem Wasserstoff des Chlorwasserstoffgases sich zu vereinigen und aus dem letzteren das Chlor abzuscheiden. Indessen würde, wie mir scheint, diese weitere Analogie, welche das Verhalten des Wassers zum Sauerstoff mit demjenigen der Salzsäure zum gleichen Elemente zeigt, doch viel mehr zu Gunsten der älteren Theorie als für die jetzt herrschende Ansicht sprechen.

Das elektro-chemische System stellt den Sauerstoff an die Spitze der elektro-negativen Elemente, und läfst das Chlor positiv gegen denselben sich verhalten. Nun giebt es aber eine Anzahl von Fällen, in welchen das Chlor hinsichtlich seiner sogenannten elektro-negativen Wirksamkeit den Sauerstoff entschieden übertrifft. So vermag das Chlor bei höherer Temperatur aus vielen Oxyden den Sauerstoff auszutreiben und sich an die Stelle des letzteren zu setzen; eben so scheidet das Chlor aus dem Bromkalium das Brom, aus dem Jodkalium das Jod u. s. w. ab, während der Sauerstoff auf diese Verbindungen wirkungslos bleibt. Trotz dieser gröfseren Elektro-Negativität des Chlors kann sich aber mit ihm der Sauerstoff zu kräftigen Säuren vereinigen, in welchen Verbindungen die Elektrochemie dem Chlor die elektro-positive, dem Sauerstoff die elektro-negative Rolle anweisen mufs. Es ist aber schwer einzusehen, wie derselbe einfache Körper das eine Mal mehr elektro-negativ, ein ander Mal mehr elektro-positiv sich soll verhalten können, als eine andere, und zwar als ein und eben dieselbe Substanz, wie also Chlor in dem einen Falle elektro-negativer wirkt als der Sauerstoff, und wie dasselbe Chlor in einem anderen Falle wieder in einem positiven

Verhältnifs zum Sauerstoff zu stehen vermag. Die be-
zeichneten Thatsachen enthalten daher nach meiner An-
sicht einen Widerspruch, den die Elektrochemie, indem
sie von der heutigen Chlortheorie ausgeht, nicht aufzu-
lösen im Stande ist. Wird aber das Chlor, der alten
Ansicht gemäfs, als aus Salzsäure und Sauerstoff zusam-
mengesetzt betrachtet, so verschwinden alle diese Ano-
malien und Widersprüche, und erklären sich die erwähn-
ten Thatsachen auf eine einfache und genügende Weise.
Der bei der Einwirkung des Chlors auf ein basisches
Metalloxyd auftretende Sauerstoff rührt von der oxy-
dirten Salzsäure her, deren $\overline{M}$ sich mit der Salzbasis
zu einem Salze vereinigt, weil dieses $\overline{M}$ zu derselben
eine gröfsere Verwandtschaft hat, als zu dem mit ihm
verbundenen Sauerstoff. Es wird durch das Chlor aus
dem Jodkalium Jod abgeschieden, weil $\overline{M}$ gegen das
Kali eine Anziehungskraft äufsert, gröfser als diejenige,
welche das gleiche $\overline{M}$ gegen seinen Sauerstoff, und das
$\overline{J}$ (wasserfreie, der trocknen Salzsäure entsprechende,
Jodwasserstoffsäure) gegen das Kali äufsert; es vereinigt
sich deshalb $\overline{M}$ mit dem Kali des sogenannten Jodka-
liums, und $\overline{J}$ mit dem Sauerstoff des Chlors zu demjeni-
gen, was wir heute Jod nennen. Durch diese Betrach-
tungsweise scheinen mir die Widersprüche, in welche die
Elektrochemie mit ihren eigenen Grundsätzen geräth, al-
lein auflösbar zu seyn, und es ist daher jene Ansicht für
diejenigen, welche an die Richtigkeit der Principien der
elektro-chemischen Theorie glauben, aller Beherzigung
werth. Aber auch für solche, welche die chemischen Er-
scheinungen in keine nähere Beziehung zu elektrischen
Thätigkeiten sezten, und jene allein aus der Wirksam-
keit einer eigenthümlichen Kraft, der sogenannten Affi-
nität, ableiten, mufs der Umstand von Bedeutung erschei-
nen, dafs das Chlor in dem einen Fall eine gröfsere, in

einem andern Fall eine kleinere Affinität zeigen soll, als sie der Sauerstoff äufsert. Die ältere Chlortheorie beseitigt diese Schwierigkeit, während die heutige Hypothese diefs kaum zu thun vermöchte.

In neuerer Zeit ist geltend gemacht worden, dafs aus manchen Verbindungen Wasserstoff weggenommen, und an dessen Stelle eben so viele Aequivalente Chlor gesetzt werden können, ohne dafs durch diese Stoffsverwechslung in den fraglichen Verbindungen eine sonderliche Veränderung ihrer chemischen Eigenschaft verursacht würde. Auf diese Ansicht hin hat man die sogenannte Substitutionstheorie gegründet, und mit derselben den Grundsätzen der Elektrochemie den Todesstofs zu geben geglaubt. Abgesehen von allen Ansichten, die man über den Einflufs elektrischer Verhältnisse auf chemische Erscheinungen haben mag, so gehört ein starker Glaube dazu, um anzunehmen, dafs zwei in chemischer Hinsicht so diametral einander entgegengesetzte elementare Körper, wie diefs offenbar das Chlor und der Wasserstoff sind, für einander sollen vicariiren können. Worauf auch immer der chemische Antagonismus der Materien beruhen mag, keinenfalls können wir annehmen, dafs zwei Stoffe, die sich in chemischer Hinsicht wie zwei entgegengesetzte Gröfsen verhalten, einander in einer Verbindung sollen ersetzen können, ohne dafs in letzterer eine wesentliche Veränderung stattfände. Da, wo das Chlor den Wasserstoff zu vertreten scheint, kann jenes nicht als Chlor, d. h. als ein Element vorhanden seyn. Wir begreifen sehr wohl, wie in einer Verbindung Chlor an die Stelle von Jod, Selen an die des Schwefels treten kann, ohne dafs die neue durch einen solchen Stofftausch entstandene Verbindung in ihren Eigenschaften wesentlich von der ursprünglichen abweicht; denn Chlor und Jod, Selen und Schwefel sind sich ähnliche Körper. Wie aber der elementare Wasserstoff durch das ebenfalls für einfach geltende Chlor repräsentirt werden kann, das zu begreifen,

war der modern-französichen Wissenschaft vorbehalten. Es ist hier der Ort nicht, in den unerquicklichen Substitutionsstreit einzutreten, meine Absicht ist blofs, den Gedanken hinzuwerfen, ob vielleicht nicht die sogenannten Substitutionserscheinungen besser durch die alte Theorie sich deuten liefsen, als diefs mit der neuen möglich ist; wenn man namentlich hiebei noch in Betracht zöge, dafs $\overline{M}$ in manchen Beziehungen dem HO ähnlich sich verhält.

Ehe ich diesen Aufsatz schliefse, will ich mir erlauben, über den in ihm behandelten Gegenstand noch einige allgemeine Bemerkungen zu machen. Durch die Annahme: es seyen das Chlor, Brom und Jod einfache Körper, wurde in der chemischen Theorie eine der durchgreifendsten Veränderungen herbeigeführt, welche in der neuern Zeit Platz gegriffen; es wurde in der That durch jene Voraussetzung eine wahre Epoche in der Geschichte der Chemie begründet. Durch diese Annahme verlor, wenn ich mich des bildlichen Ausdrucks bedienen darf, der Sauerstoff sein früher genossenes königliches Ansehn, unter den Elementen erhielt er in den genannten Stoffen äufserst gefährliche Nebenbuhler. Man liefs ihn nun nicht mehr die Hauptrolle bei der Verbrennung der Körper, bei der Säureerzeugung u. s. w. spielen; er mufste dieses so ausgezeichnete und früher von ihm ausschliefslich besessene Vorrecht mit den neuen Emporkömmlingen theilen. Sollten wir aber Grund haben, zu den Grundsätzen der alten chemischen Lehre in Betreff des Chlors zurückzukehren, so wären wir auch gehalten, den Sauerstoff wieder in seine früheren Würden und Rechte einzusetzen, müfsten wir ihn wieder als eine Macht betrachten, die ihres Gleichen auf dem ganzen Gebiet der Chemie nicht kennt. Der Sauerstoff würde, um ohne Metapher zu reden, wieder ein Mittelpunkt der chemischen Erscheinungen werden, wie er es früher war, und

wie andererseits der Wasserstoff ein solcher seyn dürfte. Es ist in der That diesen beiden Körpern der Charakter der Einfachheit so stark aufgedrückt, es bilden dieselben zu einander einen so scharf ausgesprochenen Gegensatz, es spielen sie und ihr merkwürdiges Erzeugniſs, das Wasser, auf dem Gebiete der Chemie eine so durchgreifende und allgemeine Rolle, daſs man fast vermuthen möchte, sie wären, wo nicht bei allen, doch bei den meisten chemischen Erscheinungen thätig, und bildeten die Angel, um welche sich die ganze Chemie dreht.

Es bedarf wohl von meiner Seite nicht der ausdrücklichen Versicherung, daſs ich die in voranstehendem Aufsatz gemachten Bemerkungen für nichts weiteres, als für Ansichten angesehen wissen will, in der Absicht geäuſsert: die Aufmerksamkeit der Chemiker wieder auf einen Gegenstand hinzulenken, der für die theoretische Chemie eine so groſse Wichtigkeit hat. Wird die Gesammtsumme der vorliegenden, auf das Chlor und das Ozon sich beziehenden Thatsachen vorurtheilsfrei in Betracht gezogen, so zweifle ich kaum daran, daſs man sich aufgefordert fühlen wird, die heutige Chlortheorie einer neuen Prüfung zu unterwerfen. Führt diese Arbeit zu einem solchen Ergebniſs, so ist die Absicht des Verfassers erreicht.

Basel, den 2. April 1845.

III. *Beleuchtung der Meinung des Hrn. Fischer, betreffend das Ozon; von C. F. Schoenbein.*

Die äuſserst unvollkommene Weise, in der Hr. Fischer aus Breslau meine das Ozon betreffende Untersuchungen einer experimentellen Prüfung unterworfen, macht es beinahe überflüssig, die Schluſssätze, welche dieser Chemiker

aus seinen Versuchen gezogen, zum Gegenstand einer Erwiederung zu machen. Es dürfte indessen aus mehr denn einem Grunde am Orte seyn, einige der Irrthümer und Fehler hervorzuheben, in welche der Beurtheiler meiner Arbeiten gefallen ist.

Hr. F. hält die riechenden Materien, welche beim Strömen der Elektricität aus Spitzen, bei der Elektrolyse des Wassers und bei der Einwirkung des Phosphors auf atmosphärische Luft zum Vorschein kommen, für ganz verschiedene Dinge. Der sogenannte elektrische Geruch hat nach Hrn. F. keine materielle Ursache, ist eine unmittelbare Wirkung der Elektricität selbst. Das Volta'sche Ozon erklärt er für das Thénard'sche Wasserstoffsuperoxyd, und das chemische Ozon für dampfförmige phosphorige Säure.

Zu allernächst mufs bemerkt werden, dafs Hr. F. bei seinen Versuchen sich eines Jodkaliums bediente, das mit jodsaurem Kali verunreinigt war; denn er selbst giebt an, dafs die verschiedensten mit Wasser verdünnten Säuren seine mit Jodkaliumlösung getränkten Papierstreifen gebräunt oder seinen Jodkaliumkleister gebläut hätten. Nun weifs jeder Chemiker oder soll es wenigstens wissen, dafs mit Wasser gehörig verdünnte Schwefelsäure, Phosphorsäure, phosphorichte Säure, von Chlor und salpetrichter Säure völlig freie Salpetersäure, chlorfreie Salzsäure, die organischen Säuren u. s. w., kein Jod aus dem Jodkalium abscheiden, falls dieses chemisch rein ist, d. h. kein jodsaures Kali enthält. Alle Schlüsse, welche Hr. F. aus den mit seinem unreinen Jodkalium erhaltenen Resultaten gezogen hat, sind daher falsch, und bei Wiederholung seiner Versuche mit einem reinen Reagens wird derselbe finden, dafs ich Recht, er Unrecht habe.

Was Hrn. F's. Behauptung betrifft, mit reinem Sauerstoff Ozon erhalten zu haben, so stelle ich die Richtigkeit derselben durchaus in Abrede; weder ich noch Marignac konnten es unter diesen Umständen erhalten, und

Hr. F. wird es mir zu gut halten, wenn ich dem Zeugnifs meiner eigenen Augen mehr Gewicht beilege als seiner Angabe. Wenn übrigens sein Jodkalium, auf dessen Reinheit bei den Ozonversuchen so viel ankommt, jodsaures Kali enthielt, so hätte man vielleicht auch in seinem reinen Sauerstoff noch etwas Stickstoff finden können.

Für seine Behauptung, dafs die eigenthümlich riechende Materie, welche bei der Einwirkung des Phosphors auf die atmosphärische Luft entsteht, phosphorichte Säure sey, giebt er einige Beweise, die aber durchaus keine solche sind. In der Bläuung, welche mein Jodkaliumkleister in einer mit Hülfe des Phosphors erzeugten Ozonatmosphäre zeigt, sieht der Breslauer Chemiker weiter nichts als eine Wirkung dampfförmiger phosphorichter Säure. Nun bläut aber, wie vorhin bemerkt worden, weder die phosphorichte, noch irgend eine andere Säure des Phosphors den besagten Kleister im Mindesten, falls derselbe Jodkalium enthält, das frei von jeder Spur von jodsaurem Kali ist. Da aber die Bläuung auch bei Anwendung von reinem Jodkalium in der besagten Atmosphäre stattfindet, so kann die Ursache dieser Färbung nicht die phosphorichte Säure seyn. Einen andern factischen Beweis, das *experimentum crucis*, welches Hr. F. für die Richtigkeit seiner Behauptung liefert, ist die von ihm behauptete Möglichkeit, dafs Phosphor auch in reinem Sauerstoff mein Ozon erzeugen könne. Wie wir aber bereits gesehen, verhält sich die Sache nicht so.

Von diesen beiden Umständen aber auch gänzlich abgesehen, giebt es einen Haufen von Thatsachen, die gröfstentheils in dem von Hrn. F. beurtheilten Werkchen verzeichnet sind, und welche es ganz unbegreiflich machen, wie derselbe zu dem unglücklichen Schlusse kommen konnte, dafs mein chemisches Ozon dampfförmige phosphorichte Säure sey. Diese Säure zeichnet sich bekanntlich durch ihre grofse Löslichkeit in Wasser aus. Nun kann man aber mit Hülfe des Phosphors ozonisirte

und

und in einer Flasche wohlverschlossene Luft wochenlang mit Wasser zusammen stehen lassen, ja selbst schütteln, ohne dafs der Geruch dieser Luft nach Ozon zerstört würde, oder die Reactionen derselben auf Jodkaliumkleister u. s. w. aufhörten. Läfst man grofse Mengen ozonisirter Luft durch eine kleine Quantität Wassers strömen, so bleibt letzteres durchaus süfs, und röthet nicht im Mindesten das Lackmuspapier. In Mailand liefs vorigen Herbst während meiner Anwesenheit daselbst Herr von Kramer ozonisirte Luft durch eine Reihe grofser mit destillirtem Wasser gefüllter Flaschen gehen, und noch roch die aus dem letzten Gefäfs tretende Luft nach Ozon, und besafs alle die Eigenschaften, welche dieser Materie zukommen. Es müfste das eine sonderbare phosphorichte Säure seyn, die sich also verhielte.

Eine Ozonatmosphäre röthet das Lackmuspapier durchaus nicht, während die phosphorichte Säure diefs bekanntlich thut. Mein Ozon zerstört mit grofser Energie alle Pflanzenfarben; an der phosphorichten Säure hat aber meines Wissens noch Niemand bleichende Eigenschaften entdeckt, wie überhaupt an keiner Säure des Phosphors. Es wäre in der That auch etwas schwer einzusehen, auf welche Weise diese Säuren bleichen sollten. Ich habe übrigens schon beim Beginn meiner Versuche an die Möglichkeit gedacht, und diefs auch in meinem Werkchen erwähnt, dafs Ozon phosphorichte Säure seyn könnte, aber auch sofort gefunden, dafs diese Säure keine einzige der Eigenschaften besitzt, welche jene Substanz charakterisiren, namentlich aber nicht das Vermögen, die Indigolösung zu entfärben. Die Bleichkraft des Ozons berührt freilich Hr. F. meines Wissens nicht; es mochte dieselbe für seine Hypothese etwas unbequem seyn, und es war so leicht, sich davon zu überzeugen, dafs die phosphorichte Säure keine organische Farbstoffe zu zerstören vermag. — Das Ozon besitzt in einem ausgezeichneten Grade das Vermögen, Gold und Platin negativ zu polarisiren; Hr. F.

konnte in meinem Werkchen lesen, und durch eigene Versuche sich davon überzeugen, dafs die phosphorichte Säure ein entgegengesetzt elektromotorisches Verhalten zeigt. — Ozon wandelt das Jod in Jodsäure um, was sicherlich keine Eigenschaft der phosphorichten Säure ist. Eben so wird eine Jodkaliumlösung, wenn lange genug mit ozonisirter Luft behandelt, in jodsaures Kali übergeführt, ohne dafs eine Spur irgend einer Phosphorverbindung im erhaltenen Salze sich nachweisen liefse. Phosphor leuchtet in einer reichlich ozonisirten, aber sauerstoffarmen Luft aufserordentlich stark, und wandelt sich rasch in phosphatige Säure um, während in gewöhnlicher Luft unter sonst gleichen Umständen diefs in viel schwächerem Grade geschieht. Wie sollten nun solche Thatsachen aus der Annahme erklärlich seyn, dafs Ozon dampfförmige phosphorichte oder gar unterphosphorichte Säure sey. Und wenn ich noch einen neueren Versuch anführen soll, wie könnte phosphorichte Säure, in Berührung mit Silber gesetzt, dieses Metall oxydiren, ohne dafs man Spuren irgend einer Phosphorverbindung in dem Oxyd aufzufinden vermöchte, wie diefs die Untersuchungen des genauen Marignac dargethan. Nach Aufzählung dieser Thatsachen wäre es überflüssig, noch weitere Belege für die Grundlosigkeit der Fischer'schen Behauptungen vorzubringen. Nur noch einige Worte mögen hier stehen über die Meinung des breslauer Chemikers, welcher gemäfs der sogenannte elektrische Geruch eine unmittelbare Wirkung der Elektricität seyn soll. Die Unrichtigkeit dieser schon so oft ausgesprochenen Ansicht erhellt aus der ganz einfachen Thatsache, dafs der fragliche Geruch noch merkliche Zeit fortdauert nach stattgefundenen Entladungen. Wer viel mit der Elektrisirmaschine und elektrischen Batterien umgegangen, weifs diefs recht wohl; oder sollte die Nase des Experimentators bei seinen Versuchen so stark afficirt worden seyn, dafs die Wirkung auch noch nach aufgehobener Ursache des Geruchsphänomens

fortdauert? Leider wird diese Ausflucht dadurch unmöglich gemacht, daſs auch Leute, die bei solchen Entladungen nicht anwesend gewesen sind, den Geruch eben so gut wahrnehmen, als der Experimentator selbst. Was Hr. F. über die Verschiedenheit sagt, welche zwischen dem elektrischen Geruche und dem des chemischen Ozons stattfinden soll, beweist weiter nichts, als daſs dessen Versuche äuſserst lückenhaft sind; wie das auch nicht anders seyn konnte, da er dieselben, eigener Angabe zufolge, in kleinen nur wenige Unzen Wasser fassende Fläschchen anstellte. Wenn Hr. F. die ozonisirte Luft eines Ballons mit Hülfe einer engen Röhre langsam in die Atmosphäre leitet, so wird er finden, daſs das Ozon in diesem verdünnten Zustande nicht mehr stechend, sondern haarscharf so riecht, wie die aus einer Spitze strömende Elektricität; er wird sich überhaupt vergewissern, daſs die aus einer solchen Röhre strömende Luft genau die um die elektrischen Ausströmungsspitzen entstehende Atmosphäre hinsichtlich der chemischen Wirkungen nachahmt. Die Versicherungen Hrn. F's. über die Bildung von salpetriger Säure u. s. w. um die Ausströmungsspitzen können füglich übergangen werden; doch bemerke ich, daſs der aus mäſsig erhitzten Spitzen kommende elektrische Büschel nicht geruchlos, nicht ohne Volta'sche oder chemische Wirkung seyn könnte, wäre das an solchen Spitzen entwickelte bleichende, negativ polarisirende, das Jodkalium zersetzende Princip die salpetrichte Säure; denn diese würde keinen Falls unter den obwaltenden Umständen zerlegt, noch deren Bildung verhindert werden. Hätten mich, um noch ein letztes Wort zu sagen, die Ergebnisse meiner eigenen neueren Versuche nicht zu einer veränderten Ansicht über die Natur des Ozons geführt, so würde dieſs sicherlich die Fischer'sche Arbeit nicht gethan haben; denn dieselbe ist so, daſs ihr Urheber es jetzt selbst bedauern dürfte, das Amt eines Kritikers übernommen zu haben. Wenn man Anderen

begangene Irrthümer nachweisen will, so muſs man nicht selbst in noch viel gröbere verfallen, und jedenfalls die Untersuchungsergebnisse Dritter genauer prüfen, die eigenen Versuche mit gröſserer Sorgfalt anstellen, als dieſs der schlesische Gelehrte gethan.

Basel, den 15. April 1845.

IV. *Ueber die Einwirkung des Ozons auf organische Substanzen; von C. F. Schönbein.*

Bei der groſsen Aehnlichkeit, welche das Ozon, hinsichtlich seines chemischen Verhaltens gegen eine Reihe unorganischer Körper, mit dem Chlor zeigt, konnte man zum Voraus vermuthen, daſs jene merkwürdige Substanz auch auf organische Materien in einer Weise einwirken werde, ähnlich derjenigen, in welcher das Chlor auf dieselben reagirt, und es muſste diese Vermuthung um so näher liegen, als meine früheren Versuche darthaten, daſs die Pflanzenfarben durch das Ozon gerade so wie durch Chlor zerstört werden. Meine neueren Untersuchungen haben nun Ergebnisse geliefert, welche es auſser Zweifel stellen, daſs sich Chlor und Ozon gegen organische Materien auf eine sehr analoge Weise verhalten, wie aus folgenden Angaben zur Genüge erhellen wird.

Hat man die Luft einer Flasche auf die bekannte Art so stark ozonisirt, daſs ein in sie gehaltener mit Jodkaliumkleister behafteter Papierstreifen augenblicklich blauschwarz wird, und bringt man in die so beschaffene Luft gewöhnliches Stroh, so verschwindet unter diesen Umständen in wenigen Minuten auch die letzte Spur von Ozon, d. h. reagirt diese Luft nicht mehr auf den Probekleister, polarisirt sie einen Platinstreifen nicht mehr negativ, hat sie ihre Bleichkraft verloren u. s. w., es übt,

mit anderen Worten, das Stroh auf die ozonisirte Luft eine Wirkung aus, vollkommen gleich derjenigen, welche auf dieselbe die oxydirbaren Metalle, Eisenfeilspäne u. s. w., hervorbringen. Enthält die Luft einer Flasche so viel Chlor, um unseren Kleister augenblicklich blauschwarz zu färben, so wird in sie gebrachtes Stroh nach wenigen Minuten schon den fraglichen Salzbildner so völlig aufgenommen haben, dafs der so empfindliche Probekleister in dieser Luft auch nicht die geringste Farbenveränderung erleidet. Sägespäne, Humus, humushaltige Erde nehmen das Ozon aufserordentlich rasch auf, wie von den gleichen Materien eine Chloratmosphäre schnell zerstört wird. Es verdient hier bemerkt zu werden, dafs das gewöhnliche Weizenmehl durch seine Fähigkeit, das Ozon zu zerstören, die genannten Substanzen noch übertrifft; denn dasselbe vernichtet beim Schütteln beinahe augenblicklich die allerstärkste Ozonatmosphäre, wird es in diese, in Pulverform und mit Wasser angerührt, gebracht. Dafs eine Chloratmosphäre unter den gleichen Umständen durch das Mehl zerstört wird, brauche ich kaum ausdrücklich zu bemerken. Eben so wirksam erweist sich das in Wasser gelöste thierische Eiweifs, und man braucht eine solche Lösung nur einige Male lebhaft mit ozonisirter Luft zu schütteln, um dieser auch die letzte Spur der riechenden Materie zu entziehen. Abgerahmte Milch zerstört das Ozon mit grofser Energie; eben so alter mit Wasser angeriebener Käse. Ganz besonders zeichnet sich das Blut durch seine ozonzerstörenden Wirkungen aus. Bringt man in einen Ballon, dessen Luft so stark ozonisirt worden, dafs in derselben ein Streifen Lackmuspapier in wenigen Minuten gebleicht, der Probekleister augenblicklich blauschwarz wird, und wenige Athemzüge, in dieser Luft gethan, Husten veranlassen, ich sage, bringt man in einen mit solcher Luft gefüllten Ballon nur kleine Mengen von Blut, so verschwindet beim Schütteln das Ozon augenblicklich. Da, meinen früheren Erfahrungen zufolge, die-

ser riechende Körper in Wasser unlöslich ist, so versteht es sich von selbst, dafs das Verschwinden des Ozons, welches in den eben angeführten Fällen stattfindet, nicht durch die Annahme erklärlich wird: es werde dasselbe einfach vom Wasser aufgenommen. Man kann ozonisirte Luft wochenlang mit reinem Wasser schütteln, ohne dieselbe ihrer so auffallenden Eigenschaften zu berauben. Es sind demnach die dem Wasser beigegebenen organischen Substanzen selbst, welche das Ozon zerstören, in Folge einer zwischen diesem Körper und jenen Materien stattfindenden chemischen Reaction.

Da nun bekannt ist, dafs das Ozon als ein höchst kräftiges oxydirendes Agens sich verhält, so können wir wohl kaum mehr daran zweifeln, dafs dasselbe, bei seiner Berührung mit organischen Substanzen, diesen einen Theil ihres Wasserstoffs und vielleicht auch einigen Kohlenstoff entzieht, um Wasser und Kohlensäure zu bilden, und dafs eben in Folge dieses chemischen Vorganges das Ozon z. B. durch Stroh, Eiweifs, Blut u. s. w. zerstört wird.

Betrachten wir das Chlor, nach Anleitung der älteren Theorie, als aus Salzsäure und Sauerstoff zusammengesetzt, so müssen wir die von jenem Körper auf organische Materien ausgeübten Wirkungen von seinem Sauerstoffgehalt ableiten, und das Bleichen u. s. w. als einen directen Oxydationsact ansehen, bei welchem Salzsäure immer ausgeschieden und nicht gebildet wird. Das Ozon ist nun, gemäfs den von mir selbst und Marignac erhaltenen Ergebnissen, höchst wahrscheinlich nichts Anderes als eine höhere bisher unbekannt gebliebene Oxydationsstufe des Wasserstoffs, oder vielmehr eine eigenthümliche Verbindung des Wassers mit dem Sauerstoff. Und geht man von dieser Betrachtungsweise aus, so mufs man ebenfalls den an das Wasser gebundenen Sauerstoff als diejenige Materie ansehen, welche dem Ozon das Vermögen giebt, Farbstoffe zu zerstören, und überhaupt die Zersetzung organischer Substanzen zu bewerkstelligen.

Wie nun bei der Einwirkung des Chlors auf diese Klasse von Körpern immer Salzsäure abgeschieden wird, so tritt bei einer ähnlichen Reaction des Ozons Wasser als Educt auf, welches, wie ich dies an einem anderen Orte wahrscheinlich zu machen suchte, als ein chemischer Stellvertreter der Salzsäure zu betrachten ist.

Vor Kurzem habe ich in einer Abhandlung die chemischen Eigenschaften des Ozons mit denen des Chlors verglichen, und in der so grofsen Aehnlichkeit derselben einen Grund gefunden, der die Chemiker bestimmen sollte, die antichloristische Theorie wieder einer genauen Prüfung zu unterwerfen. Die auffallende Analogie, welche das Ozon in seinem Verhalten zu den organischen Stoffen mit dem Chlor zeigt, scheint mir eine weitere Aufforderung zu enthalten, den fraglichen Gegenstand in Betracht zu ziehen und zu untersuchen: ob Berthollet's Ansichten die durch das Chlor veranlafsten chemischen Erscheinungen nicht genügender erklären, als diefs die Davy'sche Theorie zu thun vermag.

Schliefslich mufs ich noch eine Bemerkung machen, welche der in dieser Mittheilung behandelte Gegenstand von selbst an die Hand giebt. In einer früheren Arbeit habe ich zu zeigen versucht, dafs in der gewöhnlichen Luft fortwährend freies Ozon vorhanden sey, und die Quelle desselben in den elektrischen Ausgleichungen liege, welche ohne Unterbrechung in der Atmosphäre stattfinden. Bei der Masse organischer Substanzen, welche sich auf der Oberfläche der Erde befinden, und gemäfs der obigen Angaben über das Verhalten des Ozons zu jenen Materien, kann es nun gar nicht anders seyn, als dafs das atmosphärische Ozon auf pflanzliche und thierische Stoffe einwirkt, und von diesen fortwährend eingesogen wird, wie diefs mit dem Chlor der Fall wäre, wenn sich dasselbe in der Atmosphäre vorfände und mit organischen Materien in Berührung käme.

Basel, den 26. April 1845.

V. *Untersuchung des Platinrückstandes nebst vorläufiger Ankündigung eines neuen Metalls; von C. Claus,*

Professor der Chemie in Kasan.

(*Bullet. phys. math. de l'acad. de St. Petersb. T. III. p.* 353. — Es ist diese Abhandlung, auf welche bereits im vorigen Bande S. 625 verwiesen wurde, die Fortsetzung einer früheren, im *Bullet. p.* 37 veröffentlichten, die sich indefs noch nicht über das neue Metall ausspricht.)

Die Mittheilung des Hrn. Fremy [1]) über die Darstellung des Osmiums und Iridiums aus dem Platinrückstande veranlafst mich, meine fortgesetzten, noch nicht vollendeten Arbeiten über diesen Gegenstand vorläufig bekannt zu machen.

Ich bin zu ähnlichen Resultaten als Hr. Fremy gelangt, jedoch auf einem anderen Wege, der mich zur Auffindung eines neuen Metalls, das ich Ruthenium zu nennen gedenke, führte.

Ich gehe nun zur Erörterung meiner Untersuchungen über. Es wurden 15 Pfund Rückstand auf einmal in Arbeit genommen, und dieser nicht, wie bei meinen früheren Untersuchungen, mit Chlor aufgeschlossen, weil diese Methode, ungeachtet ihrer grofsen Vorzüge, beim Arbeiten im Grofsen umständlich und schwierig ist, sondern ich schmolz ihn mit Salpeter, und zwar je 1 Pfund Rückstand mit 2 Pfund dieses Salzes in einem geräumigen hessischen Tiegel, bei starker Glühhitze 2 Stunden hindurch. Die geschmolzene Masse wurde in eine eiserne Schale ausgegossen, und bei der weiteren Bearbeitung derselben ein von dem gewöhnlichen Verfahren abweichender, mehr complicirter Weg eingeschlagen, weil das von mir schon früher bemerkte neue Metall aufzusuchen war. Die Masse wurde nämlich mit Wasser ausgelaugt,

1) *Compt. rend. T. XVIII. p.* 144.

und die ganze Arbeit zerfiel nun in zwei Hauptoperationen, in die Bearbeitung der wäfsrigen Lösung *A* und des in Wasser unlöslichen Theils *B*.

A. Bearbeitung der Lösung.

Diese ist nach dem Abstehen und Klären braunroth, riecht etwas nach Osmiumsäure und enthält (der Menge nach in folgender Reihe) chromsaures, osmiumsaures, kieselsaures Kali, iridiumsaures, rutheniumsaures und titansaures Kali, ferner salpetrigsaures Kali und freies Kali. (Das rutheniumsaure Kali hielt ich bei dieser ersten Arbeit für iridiumsaures Kali.) Setzt man etwas Salpeter- oder Schwefelsäure hinzu, so wird viel Osmiumsäure frei, und es fällt ein grünlich-schwarzer voluminöser Niederschlag heraus, der Osmiumoxyd, Iridiumoxyd und Rutheniumoxyd, Kali, Chromsäure, Kieselsäure und Titansäure enthält. Da ich bedeutende Quantitäten, wohl ein paar 100 Litres hatte, so verdampfte ich sie, ohne zuvor Säure hinzugesetzt zu haben, in einem grofsen eisernen Kessel bis zu einem geringen Volum ein. Hierbei setzte sich ein bedeutender schwarzgrüner Niederschlag ab, welcher dem durch Säuren erhaltenen ähnlich war. Die Operation zerfällt nun abermals in zwei Theile, in Bearbeitung des Niederschlags *a*) und der Flüssigkeit *b*).

a) Der Niederschlag bestand aus einem feinen, voluminösen schwarzgrünen Pulver und kleinen granatrothen Octaëdern. Diese liefsen sich durchs Sieden mit Wasser herausziehen, und krystallisirten beim Erkalten der Lösung. Beim langsamen Erkalten bekam ich ziemlich grofse, schwarze, glänzende Krystalle; schneller erkaltet schossen kleine granatrothe Octaëder an, und beim Umrühren der in kaltes Wasser gestellten Lösung mit einem Glasstabe sonderte sich ein rosenrothes krystallinisches Pulver ab. Die verschiedenartig gefärbten Krystalle hatten ein gleiches Verhalten; fein zerrieben gaben sie ein weifses, in's Röthliche schielendes Pulver, hat-

ten einen süfslich zusammenziehenden Geschmack, und lösten sich sehr langsam und schwer in kaltem Wasser mit der Farbe des mangansauren Kali. In siedendem Wasser sind sie leicht löslich, allein es zerlegt sich ein Theil in Osmiumsäure und schwarzes Osmiumoxyd. Eine vollständige Zersetzung erfolgt augenblicklich, wenn man zu der Lösung etwas SO_3 oder N_2O_5 setzt, wobei eine grofse Menge Osmiumsäure frei wird, und sich ein sammtschwarzer, voluminöser Niederschlag absondert. Dieses Oxyd schwindet sehr beim Trocknen, und stellt so eine zusammengebackene trockene Substanz von dunkel umbrabrauner Farbe dar, welche einen schwachen metallischen Schimmer hat. Es ist ein Hydrat, und zerfällt beim Erhitzen in einer Glasröhre in wäfsrige Osmiumsäure und metallisch glänzendes Osmium. Es löst sich leicht in Salzsäure mit dunkelbraun-grüner Farbe; Salmiak bringt in dieser Lösung einen geringen Niederschlag eines braunen krystallinischen Salzes (wahrscheinlich Osmiumsesquichlorür-Chlorammonium), der gröfste Theil bleibt gelöst mit dunkelgrüner Farbe. Die Lösung des Oxyds in Salzsäure giebt beim Abdampfen grünes lösliches Osmiumchlorür. Das Oxyd behält hartnäckig einen Antheil der Säure, mit welcher es gefällt worden, zurück. Leitet man über das mit Salpetersäure gefällte Oxyd beim Glühen Wasserstoff, so bleibt eine messinggelbe, metallisch glänzende Substanz zurück, wahrscheinlich Osmiumstickstoff. Die Versuche, dieses Oxyd zu analysiren, mifslangen alle, weil dasselbe beim Erhitzen mit Hydrogen schwach verpufft und umhergeschleudert wird.

Das Verhalten des granatrothen Osmiumsalzes brachte mich auf die Vermuthung, dafs es eine Verbindung einer noch unbekannten Oxydationsstufe des Osmiums mit Kali sey, und zwar $KO + OsO_3$; allein die sehr genau übereinstimmenden Resultate von mehreren Analysen kamen der Zusammensetzung des osmiumsauren Kali sehr nahe, so dafs ich verleitet wurde, es für dieses, bisher noch nicht

dargestellte Salz zu halten. Ich erhielt nämlich bei der Reduction des Salzes mittelst Wasserstoffgas, und beim Auffangen des gebildeten Wassers immer 4 Atome Wasser auf 1 Atom Metall und 1 Atom Kalihydrat; es mufste also die Formel folgende seyn: $KO.OsO_4 + Aq.$[1]). In dieser Meinung wurde ich noch mehr bestärkt, als ich mir das Salz direct aus Osmiumsäure und überschüssiger

1) Die Analyse des osmigsauren Kali ist etwas schwierig, und giebt stets einen bedeutenden Verlust an Osmium, weil bei dem Trocknen ein Theil des Osmiums als Osmiumsäure entweicht, und bei der Reduction mit Hydrogen ein geringer Theil unreducirt bleibt, selbst bei der Rothglühhitze. Das Salz wurde nach dem Trocknen bei 100° C. in einem Schiffchen von reinem Silber abgewogen, in eine Glasröhre gethan, deren Gewicht genau bestimmt war, diese wie bei einer organischen Analyse mit einem Chlorcalciumrecipienten versehen, und in mit Magnesia ausgefütterten Blechschienen im Liebig'schen Ofen geglüht, während Wasserstoff hindurch geleitet wurde. Nach dem Versuche wurde die Chlorcalciumröhre und die andere, das reducirte Salz enthaltende Röhre gewogen, und so die Menge des gebildeten Wassers und des Verlustes der Substanz bestimmt. Die schwarze Masse in dem Silberschiffchen wurde mit Wasser ausgelaugt. Die Lösung enthielt noch etwas unzersetztes osmigsaures Kali, die Menge war aber höchst unbedeutend. Sie wurde bei einem Zusatze von Schwefelsäure bis zur Trockene abgeraucht, geglüht und das Kali als schwefelsaures Kali bestimmt. Das Metall wurde auf einem gewogenen Filter gesammelt, gut ausgewaschen, bei 100° C. getrocknet und gewogen. Auf gleiche Weise analysirte ich das Barytsalz. Die Analyse gab folgende Resultate:

Osmigsaures Kali			in 100 Theilen.
I.	1,315 gr. gaben	0,678 Osmium	51,57 Os.
		0,236 Oxygen	17,90 O.
		0,623 schwefelsaur. Kali	25,45 $\dot{K}$.
II.	1,272 - -	0,657 Os.	51,80 Os.
		0,220 O.	17,29 O.
		0,617 $\dot{K}\dddot{S}$.	26,18 $\dot{K}$.
III.	1,299 - -	0,672 Os.	51,68 —
		0,231 O.	17,90 —
		0,630 $\dot{K}\dddot{S}$.	26,18 —

Kalilösung beim Abdampfen in einer Retorte darstellte. Es war hier keine Reduction vorauszusetzen. Nachdem mir aber Fremy's Arbeit zu Gesichte gekommen war, und ich seine Versuche wiederholte, wurde ich von meinem Irrthume überzeugt, und das Salz mufs die Formel $KO.OsO_3 + 2Aq.$ haben. Ich bemerkte nun, dafs sich die Osmiumsäure mit Kali beim Erhitzen ohne Concurrenz eines Desoxydationsmittels zu OsO_3 reducirt. Uebersättigt man nämlich flüssige Osmiumsäure mit Kali, und thut Säure hinzu, so erfolgt keine Ausscheidung von Osmiumoxyd. Erhitzt man aber die Flüssigkeit einige Zeit, so färbt sie sich braunroth, und nun erfolgt bei Säure-

Osmigsaures Kali			in 100 Theilen.
IV.	1,320 gr. gaben	0,680 Os.	51,65.
		0,228 O.	17,—
		0,625 $\dot{K}\dddot{S}$.	25,45.
V.	1,982 - -	1,024 Os.	51,65.
		0,339 O.	17,15.
		0,940 $\dot{K}\dddot{S}$.	25,63.

Die Formel $KO.OsO_4 + 1Aq.$ fordert nach der Berechnung:

53, 02 Os.
17, 11 O.
25, 13 KO.
—, 71 Aq.

Die Formel $KO.OsO_3 + 2Aq.$ erfordert 52,54 Osmium

Osmigsaures Baryt			in 100 Theilen.
I.	1,065 gr. gaben	0,499 Os.	=46,95 Os.
		0,165 O.	15,52 O.
		0,603 $Ba\dddot{S}$.	37,15 Ba.
II.	0,830 - -	0,386 Os.	=46,54 Os.
		0,128 O.	15,40 O.
		0,472 $\dot{Ba}\dddot{S}$.	37,25 Ba.

Die Formel $BaO.OsO_3 + H_2O$ erfordert:

47, 61 Os.
15, 30 O.
36, 61 BaO.
0, 48 H.

zusatz ein reichlicher schwarzer Niederschlag. Diese Desoxydation der Osmiumsäure bei Gegenwart von Kali ist sehr merkwürdig, da dem gerade entgegen alle Oxyde des Osmiums, auch selbst Metall, an der Luft sich höher oxydiren und Osmiumsäure ausdünsten. Osmigsauren Baryt erhält man, wenn man eine heifse Barytlösung zu flüssiger Osmiumsäure giefst, und in einer verschlossenen Flasche längere Zeit stehen läfst. Anfangs bildet sich ein grüner, flockiger, formloser Niederschlag, welcher nach und nach in sternförmige Krystalldrusen, die aus schwarzen diamantglänzenden Prismen bestehen, sich umwandelt. Das Sals ist unlöslich in Wasser. Es gab bei der Analyse 1 Atom Baryt, 1 Atom Metall und 4 Atome Wasser. Die Formel ist also $BaO . OsO_3 + H_2O$. — Die Lösung des osmigsauren Kali giebt mit Metallsalzlösungen schwarze oder braune Niederschläge.

Das von dem osmigsauren Kali befreite schwarze Präcipitat *a*) wurde in einer Retorte mit Königswasser übergossen und der Destillation unterworfen, wobei viel Osmiumsäure überging. Der bis zur Trockene abdestillirte Retorteninhalt wurde mit Wasser und Salzsäure ausgezogen; er hinterliefs unreine, Titansäure haltige Kieselsäure.. Zur Lösung wurde viel Salpetersäure gethan und nochmals destillirt, dieses Mal aber nur Spuren von Osmiumsäure gewonnen. Der Retorteninhalt wurde mit vielem Chlorkalium vermischt, wobei ein Salz niederfiel, das ich damals für Kalium-Iridium-Chlorid hielt, welches aber bedeutende Antheile von Rutheniumsalz enthalten haben mufste, wie mich spätere Untersuchungen über das Ruthenium belehrt haben. Leider habe ich das Salz einem bedeutenden Vorrathe von Iridiumsalz beigegeben. Die von dem Iridium-Doppelchloride abfiltrirte Flüssigkeit hatte eine tiefgrüne Farbe, und gab mit Ammoniak viel unreines kieselhaltiges Chromoxydhydrat.

b) Diese sehr concentrirte gelbbraune Flüssigkeit wurde in einer Retorte so lange mit verdünnter Schwe-

felsäure vermischt, bis sie schwach sauer reagirte. Es entwickelte sich hierbei unter starker Effervescenz Kohlensäure, salpetrige Säure, und Osmiumsäure wurde frei. Bei der Destillation ging sehr reine Osmiumsäure über, welche sich in sehr schönen weifsen Krystallen in der Vorlage sammelte. Die Destillation wurde so lange fortgesetzt, bis keine Osmiumsäure mehr überging. In der Retorte blieb eine gelbe Flüssigkeit, welche chromsaures Kali enthielt, und ein schwarzes Präcipitat, dem Präcipitate *a*) in der Zusammensetzung gleich, mit Ausnahme des Gehaltes an osmigsaurem Kali. Es wurde wie der Niederschlag *a*) behandelt.

Die bei dieser und späteren Bearbeitungen des Platinrückstandes gewonnene Osmiumsäure wurde aus ihren Lösungen mit H_2S als Schwefelosmium gefällt, und dieses als Hauptmaterial zur Darstellung der meisten Osmiumverbindungen benutzt. Schwefelosmium mit gleichen Gewichtstheilen Chlorkalium gemischt, und in einer grofsen Porzellanröhre mit feuchtem Chlorgase behandelt, giebt Kaliumosmiumchlorid, welches, mit metallischem Osmium gemengt, in der Röhre bleibt, während Chlorschwefel und etwas Osmiumsäure in das vorgeschlagene Wasser übergehen. Dieses färbt sich nach einiger Zeit dunkelblau, und enthält die blaue Verbindung von Osmiumsäure und schwefliger Säure. Kali fällt aus dieser Lösung ein blaues Oxyd. — Laugt man den Inhalt der Röhre mit siedendem Wasser aus, so bleibt eine grofse Menge metallisches Osmium zurück, und aus der Lösung krystallisirt beim Erkalten und nachmaligen Abdampfen das Osmiumsalz in schönen braunrothen Octaëdern. Aus der Mutterlauge fällt man mit kohlensaurem Natron beim Erwärmen schwarzes Osmiumoxyd. So habe ich durch eine einfache Operation drei Osmiumverbindungen und metallisches Osmium gewonnen, nämlich 1 Unze Osmium, 2 Unzen Kaliumosmiumchlorid, 2 Drachmen Osmiumoxyd OsO_2 und $\frac{1}{2}$ Drachme blaues Osmiumoxyd. Auch kann man sich

aus dem Schwefelosmium die Säure darstellen, wenn man dasselbe in einer Röhre, beim Glühen, mit Sauerstoff behandelt, und die Producte in eine kleine stark abgekühlte Vorlage auffängt. Die Osmiumsäure geht in flüssiger Form über, und erstarrt in dem Recipienten, zugleich sammelt sich darin eine dunkelblaue Flüssigkeit, die schon erwähnte Verbindung der Osmiumsäure mit SO^2; diese höchst flüchtige, für die Gesundheit sehr gefährliche Verbindung läfst sich leicht von der reinen Osmiumsäure abgiefsen. Diese Darstellungsweise ist jedoch zur Gewinnung der Osmiumsäure nicht vortheilhaft, weil viel Säure in die blaue Verbindung eingeht.

B. Bearbeitung des in Wasser unlöslichen Theils der mit Salpeter geschmolzenen Masse.

Je 2 Pfund desselben wurden mit 1 Pfund Königswasser und der gehörigen Menge destillirten Wassers in einer Retorte der Destillation unterworfen, bis der Inhalt fast trocken war. Das Destillat enthielt viel Osmiumsäure. Die Masse in der Retorte wurde mit siedendem Wasser aufgeweicht, und in grofse Zuckergläser zum Abklären gegossen, und später von dem Bodensatze (*c*) decantirt, dieser noch mit Wasser bis zur Erschöpfung ausgelaugt. Ich vermischte nun die Flüssigkeit bis zur alkalischen Reaction mit Pottaschenlösung, und erhielt einen starken Niederschlag von gelbbraunem Eisenoxydhydrat, den ich mehrere Tage in der Flüssigkeit liefs, wobei er sich schwarzbraun färbte. Diese Färbung glaubte ich einem Antheile mit niedergefallenen Iridiumoxyds zuschreiben zu können, vermuthete aber auch darin etwas Rhodiumoxyd. Ich sammelte daher das unreine Eisenoxyd, löste es in Salzsäure, und erhielt eine tief purpurrothe, fast schwarze, undurchsichtige Lösung. Diese Erscheinung war mir sehr auffallend, da keines der mir bekannten Oxyde sich mit einer solchen Farbe in Säure löst. Aus dieser Lösung erhielt ich durch's Fällen mit Zink ein Me-

tall, das sich weder wie Rhodium noch Iridium verhielt. Es gab nämlich, mit Kochsalz gemischt und mit Chlor in der Glühhitze behandelt, eine schwarze Masse, welche sich in Wasser mit pomeranzengelber Farbe löste; diese Lösung, deren Farbe sehr leicht von den Lösungen des Rhodiums und Iridiums, so wie eines Gemenges beider Metalllösungen, unterschieden werden konnte, gab mit Ammoniak einen sammtschwarzen Niederschlag, und färbte sich, mit H_2S behandelt, unter Abscheidung eines schwarzen Schwefelmetalls, intensiv *lasurblau*. Weder Iridium noch Rhodium zeigt ein ähnliches Verhalten. Chlorkalium und Ammonium geben mit der Lösung dieses Metalls schwerlöslich krystallinische Salze, die nur schwer von den Doppelchloriden des Iridiums zu unterscheiden sind, wenn man sie nicht unter einem guten Mikroskop betrachtet. Diese grofse Aehnlichkeit verleitete mich Anfangs, das Metall für unreines Iridium zu halten, dessen ungewöhnliche Reactionen von einem mir unbekannten Körper abhängig seyn mochten. Ich suchte nun diesen Körper von dem Iridium zu trennen, allein meine Mühe war vergeblich. Ich fing nun an, diesen Körper in allen möglichen Beziehungen mit dem Iridium zu vergleichen, und fand dabei so grofse Verschiedenheiten, dafs mir über seine Eigenthümlichkeit kein Zweifel übrig blieb. Bei dieser Gelegenheit wurde ich mit seinen Eigenschaften so vertraut, dafs es mir leicht wurde, eine sichere Methode aufzufinden, ihn aus dem Platinrückstande darzustellen und von den andern Metallen zu trennen. Ich hatte bis jetzt nur sehr wenig davon erhalten, weil es aus der Lösung des unreinen Eisenoxyds weder durch Zink noch Schwefelhydrogen vollkommen gefällt wird. Später fand ich noch eine nambafte Menge desselben in dem unlöslichen Rückstande (*c*). Ich werde später wieder auf dieses Metall zurückkommen.

Die Lösung, aus der das Eisenoxyd mit Kalilösung gefällt worden war, hatte in den hölzernen Gefäfsen, in wel-

welchen sie längere Zeit gestanden hatte, fast gänzlich ihre braune Farbe eingebüfst; sie war fast farblos, nur in's Gelbliche spielend. Vermischte man sie mit einer sehr gesättigten Pottaschenlösung, so entstand ein weifser Niederschlag, der sich bräunte, grau oder rosenroth wurde, beim Trocknen aber wieder seine weifse Farbe annahm. Dieser Körper hatte alle Eigenschaften des von Osann (s. diese Annalen Bd. 14, S. 329) beschriebenen Rutheniumoxyds, und ich habe mich von der Identität beider Körper überzeugt. Salzsäure zog ein Metalloxyd mit grünlicher Farbe aus, das, mit Salpetersäure gekocht, eine pomeranzengelbe Auflösung gab, die sich mit Schwefelhydrogen blau färbte; es enthielt also das neue Metall. Das Ungelöste bestand gröfstentheils aus titanhaltiger Kieselsäure, Thonerde und wahrscheinlich auch Zirkonerde. Auch Osann hatte sein rohes Rutheniumoxyd, um es zu reinigen, mehrere Male mit Salzsäure behandelt, allein diese Lösung nicht untersucht; so ist ihm die Entdeckung entgangen. Weil dieses Metall in dem Osann'schen Rutheniumoxyde in geringer Menge vorkommt, wünsche ich es *Ruthenium* zu nennen; sollte aber im Verfolge meiner Untersuchung sich ergeben, dafs mein Ruthenium das Pluran Osann's ist, so könnte der von mir gewählte Name doch bleiben, weil Osann anfangs die Absicht hatte, das Pluran Ruthenium zu nennen. Es ist leicht möglich, dafs das Pluran Osann's ein höheres Oxyd oder Chlorid meines Rutheniums ist; leider wissen wir aber von dem Pluran fast nichts. Es ist flüchtig, und giebt in der weifsen Verbindung mit H_2S ein graues Schwefelmetall. Die oben angeführte Lösung, von der ich an 150 Litres hatte, wurde nur zum Theil zur Gewinnung des Rutheniums benutzt, weil man auf diese Weise, bei einer sehr unangenehmen Arbeit, sehr wenig gewinnt, und die Darstellung der übrigen Metalle sehr erschwert wird. Der gröfste Theil wurde in einem eisernen Kessel bis zu einem geringen Volumen eingeraucht; hierbei schied sich viel

blaues Iridiumoxyd ab, das von der Flüssigkeit, welche salpetersaures Kali und Chlorkalium enthielt, durch's Abseihen getrennt wurde. Das blaue Oxyd löste ich in Königswasser, rauchte bis zu einem geringen Volum ein, und vermischte die Lösung mit Chlorkalium, wobei Kalium-Iridiumchlorid gewonnen wurde, das durch öfteres Umkrystallisiren in grofsen, schönen Octaëdern gewonnen wurde. Es war vollkommen rein. Die Mutterlauge des Iridiumsalzes wurde bis zur Trockene abgeraucht und mit Hydrogen reducirt. Das gewonnene Metallpulver enthielt Iridiumruthenium und sehr wenig Rhodium. Aus demselben stellte ich mir auf die später zu beschreibende Weise, durch's Schmelzen mit Sapeter, Rutheninm dar.

Auf diese Weise waren die durch die erste Schmelzung mit Salpeter aufgeschlossenen Substanzen getrennt und dargestellt worden.

C. **Bearbeitung des nach der ersten Schmelzung und Ausziehung mit Wasser und Säuren zurückgebliebenen Restes.**

Er betrug 11½ Pfund, und stellte ein feines, schwarzes Pulver dar, in welchem keine metallisch glänzenden Flitter von Osmiumiridium zu bemerken waren. Er war fast frei von Osmium, enthielt aber noch viel Iridium, Chromeisenstein, Silicate, Ruthenium und Rhodium. Dieses letztere Metall suchte ich besonders in diesem Reste auf, da es bisher in kaum bemerkbarer Spur vorgekommen war, während ich beim Aufschliefsen mit Chlor bedeutende Antheile desselben gewonnen hatte. Ich fing meine Proben im Kleinen an, indem ich eine Portion dieses Restes mit Chlor aufschlofs, die Lösung mit einer siedenden, concentrirten Boraxlösung vermischte, und den sich hierbei abscheidenden braunen Niederschlag, der gröfstentheils aus borsaurem Eisenoxyde bestand, in Salzsäure löste, und aus dieser das Metall mit Zink fällte.

Ein Theil des erhaltenen Metalls wurde mit Chlor und Kochsalz aufgeschlossen, die Masse in Wasser gelöst, fast bis zur Trockene abgeraucht, und dann mit Alkohol übergossen. Dieser löste Natrium-Rutheniumchlorid, und liefs Natriumrhodium zurück. Der andere Theil des Metalls wurde mit Salpeter geschmolzen, und hierauf mit Wasser ausgelaugt; es blieb Rhodium zurück, rutheniumsaures Kali wurde gelöst. Eine andere Portion des Restes wurde ein paar Mal mit Salpeter geschmolzen und mit Wasser ausgelaugt. Der ungelöste Theil wurde mit Chlor aufgeschlossen, die Lösung mit Borax gefällt. Hierbei entstand kein brauner, sondern ein gelber Niederschlag, welcher aus borsaurem Eisenoxyde und Rhodiumoxyd bestand. Die Auflösung dieses Niederschlags in Salzsäure war nicht wie früher, wo sie Ruthenium enthielt, schwarzpurpurfarben, sondern hellgelb, und gab, mit Zink gefällt, chemisch reines Rhodium, das keine Spur Iridium und Ruthenium enthielt. Diese und frühere Versuche beweisen: 1) dafs das Ruthenium von schmelzendem Salpeter in rutheniumsaures Kali verwandelt wird, das sich in Wasser vollkommen löst; 2) dafs die purpurrothe Farbe des unreinen Eisenoxyds von der Gegenwart des Rutheniumoyds abhängig ist; 3) dafs das Rhodium und Ruthenium vom Borax sehr leicht gefällt werden, das Iridium aber nur unter gewissen Bedingungen; 4) dafs das mit Salpeter geglühte Rhodium nur sehr wenig in Säuren löslich ist; 5) dafs das Natrium-Rutheniumchlorid in Alkohol löslich ist.

Es war mir nun leicht, das in dem Reste (*c*) vorhandene Ruthenium auf eine einfache Weise zu gewinnen. Es wurde der ganze Rest abermals mit Salpeter geglüht, jedoch nur gleiche Theile beider Körper genommen und zwei Stunden lang in einem hessischen Tiegel der Weifsglühhitze ausgesetzt. Die breiartige Masse wurde noch heifs mit einem eisernen Spatel herausgenommen. Nach dem Erkalten übergofs man sie mit destillirtem Was-

ser (anderes Wasser taugt nicht dazu), und läfst die Flüssigkeit durch's Abstehen sich klären; man decantirt vorsichtig, giefst frisches Wasser zu, und laugt auf diese Weise so lange aus, bis nichts mehr gelöst wird. Die schön pomeranzengelbe Lösung enthält chromsaures, rutheniumsaures und kieselsaures Kali, keine Spur Iridium. Thut man nur sehr wenig Salpetersäure hinzu, so entsteht ein voluminöser, sammtschwarzer Niederschlag, der unreines, Kieselsäure haltiges Rutheniumoxydkali ist. Dieses übergiefst man mit Salzsäure, worin es sich anfangs mit grüner, hierauf beim Erhitzen mit schöner pomeranzenrother Farbe löst. Die Lösung raucht man fast bis zur Trockene ein, wobei man aber Sorge tragen mufs, dafs immer freie Säure vorhanden ist. Beim Verdünnen mit vielem Wasser fällt die Kieselsäure gallertartig heraus. Man filtrirt die Lösung, engt sie bis zu einem geringen Volumen ein, und vermischt sie mit einer gesättigten Lösung des Chlorkaliums. Hierbei fällt Kalium-Rutheniumchlorid heraus. Die Lauge giebt beim Abdampfen noch viel Salz. Dieses reinigt man durch Umkrystallisiren. Dieses Salz ist das Material, aus dem man sich das Metall und seine noch wenig untersuchten Verbindungen darstellen kann.

Weiter bin ich mit der Untersuchung des Platinrückstandes nicht gekommen; mit dem Auffinden des Rutheniums blieb die ganze Arbeit liegen, und ich beschäftige mich gegenwärtig nur mit analytischen Untersuchungen seiner Verbindungsverhältnisse, wobei seine Eigenthümlichkeit noch evidenter wird.

Ich kann gegenwärtig nur wenig von diesem Körper mittheilen, da mir der Gegenstand noch zu neu ist.

Das Metall ist pulverförmig schwarzgrau, wenig glänzend, wenn es aus dem Chloridsalze reducirt wird, metallisch glänzend, weifsgrau, wenn man es aus dem Oxyde Ru_2O_3 durch Reduction gewinnt, wahrscheinlich sehr schwer schmelzbar. Es ist bedeutend leichter als Iridium.

0,838 Grm. desselben nehmen bei zweistündigem Glühen 0,155 Grm. Sauerstoff auf, indem es in ein blauschwarzes Oxyd verwandelt wird, das in der Weifsglühhitze *nicht reducirt* wird. Wasserstoffgas reducirt es beim Glühen. Beim Schmelzen mit saurem schwefelsaurem Kali wird es nicht gelöst. Schmilzt man es jedoch mit Salpeter, so erhält man eine schwarzgrüne Masse, welche sich in Wasser mit pomeranzengelber Farbe zu rutheniumsauren Kali löst, das einen schwachen, aber ganz eigenthümlichen Geruch hat. Säuren fällen ein schwarzes Rutheniumoxyd heraus. Aetzkali löst das Metall beim Glühen eben so leicht auf als Salpeter.

Schon diese Eigenschaften sind hinreichend, das Ruthenium von dem Iridium und Rhodium zu unterscheiden, allein es hat deren noch mehrere. Besonders ausgezeichnet sind die Reactionen der Lösung seines Chlorids gegen gewisse Substanzen. Schwefelhydrogen z. B. fällt das Metall nur zum Theil als schwarzes Sulphuret, während das Chlorid in ein schönes *lasurblaues* Chlorür übergeführt wird, welches von Schwefelhydrogen sehr schwer zersetzt wird.

Thut man in die Lösung des pomeranzengelben Chlorids eine Zinkstange, so färbt sich die Flüssigkeit nach einiger Zeit ebenfalls lasurblau; sie entfärbt sich aber später, und es wird metallisches Ruthenium gefällt, jedoch nicht ganz vollständig.

Alkalien und Borax fällen das Chlorid mit schwarzer Farbe, indem alkalihaltiges Oxyd herausfällt.

Kaliumeisencyanür verändert die Lösung anfangs nicht, später tritt Entfärbung ein, und zuletzt nimmt dieselbe eine chromgrüne Farbe an.

Quecksilbercyanür bewirkt einen schwarzblauen Niederschlag und blaue Färbung der Lösung.

Eines der vorzüglichsten Reagentien für dieses Metall und das Iridium zugleich ist das salpetersaure Silberoxyd. Es fällt nämlich die Lösung des Rutheniumchlorids

mit schwarzer Farbe. Der Niederschlag ist ein Gemenge von Chlorsilber und Rutheniumoxyd; er löst sich nach 24 Stunden zum Theil auf, indem das Rutheniumoxyd (wahrscheinlich unter Sauerstoffverlust) sich in der freien Salpetersäure mit kirschrother Farbe löst, während das Chlorsilber mit weifser Farbe zurückbleibt. Thut man zu dieser Flüssigkeit Ammoniak im Ueberschusse, so löst sich das Chlorsilber, und schwarzes Rutheniumoxyd fällt heraus. Eben so verhält sich das Iridiumchlorid, nur unter anderen Erscheinungen. Es erfolgt beim Zusatze des salpetersauren Silberoxyds ein indigoblauer Niederschlag, ein Gemenge von Iridiumoxyd und Chlorsilber; dieser fängt jedoch schon nach einigen Augenblicken an sich zu entfärben, und nach zwei Stunden ist die Entfärbung vollständig; auf dem schwach gelblich gefärbten Chlorsilber ist die Flüssigkeit farblos. Thut man hierauf Ammoniak hinzu, so löst sich das Chlorsilber, und das Iridium bleibt als eine gelblich weifse Verbindung ungelöst zurück [1]). Dieses Reagens ist für das Iridium so fein, dafs die geringste Spur desselben in Gemengen von Lösungen anderer Metalle entdeckt werden kann.

Das Metall bildet unter gewissen Bedingungen Chloride von den verschiedenen Farben des Regenbogens, grüne, blaue, violette, purpurrothe, kirschrothe und pomeranzengelbe. Das letztere ist wahrscheinlich das höchste Chlorid, und hat die Zusammensetzung Ru_2Cl_6; es ist das beständigste, und läfst sich leicht auf die früher angegebene Weise darstellen, besonders als Doppelsalz

1) Dieses Verhalten scheint mir für die Geschichte des Iridiums von nicht geringer Wichtigkeit; es deutet auf die Wahrscheinlichkeit, dafs das blaue Iridiumoxyd, so wie ich schon früher in meiner letzten Abhandlung angedeutet habe, IrO_2 ist, eine der beständigsten und bestimmtesten Oxydationsstufen des Iridiums; ferner, dafs dieses Oxyd eine Säure ist, welche sich nicht mit den Sauerstoffsäuren ohne Verlust von Oxygen verbinden kann. Der Verfolg einer genauen Untersuchung dieser Reaction wird, wie ich hoffe, bedeutende Aufschlüsse über die Oxydationsstufen des Iridiums geben.

des Kaliums und Ammoniums. Ersteres $=2KCl_2+Ru_2Cl_6$ bildet sehr kleine glänzende Krystalle, welche $\frac{1}{100}$ Linie im Durchmesser haben, und deren Form bei einer 400maligen Vergröfserung deutlich wahrgenommen werden kann. Es sind pomeranzengelbe, durchsichtige Kuben, in denen die Octaëderform vorgezeichnet ist, mit ganz merkwürdigen Zeichnungen in den Richtungen der Axen; oft kommen darin aber auch Krystalle anderer Form und Farbe vor, welche anderen Chlorstufen anzugehören scheinen. Ohne Vergröfserung erscheint das Salz als ein braunes, in's Violette spielendes, krystallinisches Pulver. Das neutrale Salz zersetzt sich in der wäfsrigen Lösung sehr leicht, besonders beim Erwärmen; die Lösung wird dunkler, zuletzt ganz schwarz und undurchsichtig, und es setzt sich daraus ein schwarzer, voluminöser Niederschlag ab, wahrscheinlich eine basische Verbindung, während die Flüssigkeit noch trübe und dunkelgefärbt erscheint. Bei Gegenwart freier Säure erfolgt diese Zersetzung nicht. In diesem zersetzten Zustande hat das Salz eine ungemein stark tingirende Kraft, welche abhängig ist von der grofsen Zertheilung des schwarzen Niederschlags, welcher sich zum Theil schwebend in der Flüssigkeit erhält und diese tingirt. Löst man nämlich ein Milligramm Salz in 4 Grm. Wasser, und erhitzt die schwach gelbgefärbte Flüssigkeit, so wird sie ganz schwarz wie Tinte, und kann noch mit 30 Grm. Wasser vermischt werden, ohne bedeutend an Intensität abzunehmen. Das Salz enthält nur 28,9% Metall, also tingirt ein Theil desselben mehr als 100,000 Theile Wasser, fast mit der Farbe einer blassen Tinte, die jedoch etwas in's Braune schielt. Fällt man eine Lösung des $2KCl_2+Ru_2Cl_6$ mit Ammoniak, so erhält man einen schwarzen Niederschlag, welcher Chlor und Ammoniak enthält, und in Salzsäure gelöst, hierauf bis zur Trockene abgeraucht, eine schmutziggrüne Salzmasse zurückläfst. Löst man diese in Wasser, so erhält man eine undurchsichtige, schwarzkirschrothe Flüssigkeit, welche

bei einem geringen Zusatze von Salpetersäure und beim Abrauchen verschiedene Farben annimmt, und zwar violett, blau, purpurroth, kirschroth, braun und pomeranzengelb. — Das Salz ist ziemlich schwer löslich in kaltem Wasser, leichter löslich in siedendem Wasser, unlöslich im Weingeiste. Es hat einen rein zusammenziehenden, nicht metallisch bitteren Geschmack, während das Iridiumchlorid ekelhaft bitter schmeckt. Das Salz, zu Pulver gerieben, nimmt eine gelbbraune Farbe an.

Das Ru_2Cl_6 erhält man, wenn man das reducirte Metallpulver mit Königswasser erhitzt. Ein kleiner Theil davon löst sich mit pomeranzengelber Farbe. Raucht man die Lösung bis zur Trockene ab, so bleibt eine gelbbraune, unkrystallisirte Masse zurück, welche Feuchtigkeit anzieht und zerfliefst. Sie löst sich leicht in Wasser unter Zurücklassung einer gelbbraunen, basischen Verbindung.

Aus dem Kalium-Rutheniumchloride kann das Metall nicht durch's Glühen mit Natron reducirt werden, da hierbei sich das Ruthenium oxydirt, und mit dem Alkali rutheniumsaures Kali bildet, das sich in Wasser mit pomeranzengelber Farbe löst.

Leitet man über schwachglühendes Ruthenium trokkenes Chlorgas, so verflüchtigt sich ein Chlorid, das als gelber Rauch zur Röhre herausströmt. Der gröfste Theil des Metalls bleibt jedoch unangegriffen zurück.

Es folgen nun einige vorläufige analytische Untersuchungen, welche hinreichend beweisen, dafs dieses Metall kein Iridium ist.

Die Analyse der Hauptverbindung des Salzes $2KCl_2 + Ru_2Cl_6$ wurde nach zwei sich gegenseitig controlirenden Methoden bewerkstelligt. Es wurde in einer Röhrenkugel abgewogen und mit Wasserstoff reducirt, der Gewichtsverlust bestimmt und als Chlor in Rechnung genommen. Das Gemenge von Chlorkalium und Metall wurde mit Wasser ausgelaugt, und die Lösung in einem

Platinschälchen abgeraucht, und das trockene Salz schwach geglüht und gewogen. Das auf einem sehr kleinen Filter gesammelte Metall wurde in einen Platintiegel gethan, das Filter zu Asche verbrannt, dem Metall hinzugefügt, und in einem Strome von Wasserstoffgas geglüht.

Die andere Methode, welche die directe Bestimmung des Chlors zum Hauptzwecke hatte, bestand darin, dafs man das in einem Platintiegel abgewogene Salz, mit der gehörigen Menge Aetzbaryt gemischt, mit Wasser anfeuchtete, eintrocknen liefs, und hierauf in einem Strome Wasserstoff reducirte. Die reducirte Masse, aufgeweicht, wurde auf ein Filter gegeben, anfangs mit siedendem Wasser gut ausgelaugt, später mit salpetersäurehaltigem Wasser. Aus der Flüssigkeit wurde das Chlor auf die gewöhnliche Weise als Chlorsilber gefällt, und dieses nach dem Schmelzen gewogen; ferner das Kali als schwefelsaures Kali bestimmt, indem man erst das Silber durch Salzsäure, dann das Baryt als schwefelsaures Salz entfernte, und die Flüssigkeit bis zur Trockene abrauchte, das Salz glühte. Das Metall wurde wie früher bestimmt.

Die Darstellung eines zur Analyse tauglichen Salzes von bestimmter Zusammensetzung unterliegt vielen Schwierigkeiten, welche in der leichten Zersetzbarkeit des Rutheniumchlorides ihren Grund haben. Raucht man nämlich die Auflösung des Rutheniumoxydkali in Königswasser, mit Chlorkalium vermischt, ab, so krystallisirt ein Salz heraus, das nach dem Auswachen und Trocknen zwar ein gleichförmiges, krystallinisches Pulver darstellt, an welchem man mit der Loupe keinen fremdartigen Körper entdeckt; betrachtet man es aber unter einer 400fachen Vergröfserung, so nimmt man Krystalle von drei verschiedenen Formen wahr. Der gröfste Theil besteht aus orangefarbenen, durchsichtigen Kuben, weniger häufig sind gelbe, durchsichtige Octaëder mit ganz eigenthümlichen Zeichnungen im Innern der Krystalle, ferner eine geringe Menge dunkelblauer Prismen und undurchsichti-

ger amorpher Körnchen. Die drei Krystallformen gehören wahrscheinlich drei verschiedenen Chlorstufen des Rutheniums an; der amorphe Körper ist ein basisches Chlorid des Rutheniums, welches sich beim Auswaschen des neutralen Salzes mit Wasser bildet. Um das kubische Salz in möglichster Reinheit zu gewinnen, übergiefst man das gemengte Salz in einem Becherglase mit Wasser, welches mit Salzsäure sauer gemacht worden. Hierbei löst sich das octaëdrische und prismatische Salz, und das basische Pulver schlämmt sich in der Flüssigkeit auf, während das kubische Salz als eine feste Schicht sich am Boden des Glases ablagert, von dem die Lösung mit dem aufgeschlämmten Pulver leicht abgegossen werden kann. Man spült die Krystalle ein paar Mal mit etwas saurem Wasser ab, und trocknet sie bei gewöhnlicher Temperatur. Ein so gereinigtes Salz zeigt unter dem Mikroskop nur kubische Krystalle ohne fremde Beimengung. Um es zur Analyse gehörig zu trocknen, wurde es bei 200° C. mit Chlorgas behandelt.

Es gaben:

I.	1,096 Grm. Salz	100 Thl.	
Metall	0,316 - -	28,96	
Chlorkalium	0,455 - -	21,45 K.	
		19,35 Cl.	
Verlust, als Chlor berechnet	0,339 - -	30,24 Cl.	49,59.
II.	0,990 Grm. Salz	100 Thl.	
Metall	0,282 - -	28,48	
Chlorkalium	0,409 - -	21,71 K.	
		19,60 Cl.	
Verlust, als Chlor	0,310 - -	30,22 Cl.	49,82.
III.	1,003 Grm. Salz	100 Thl.	
Metall	0,290 - -	28,91	
Chlorkalium	0,412 - -	21,59 K.	
		19,49 Cl.	
Verlust, als Chlor	0,301 - -	30,04 Cl.	49,53.

Directe Bestimmung des Chlors.

I. 0,704 Grm.	gaben 1,364 Chlorsilber,	also 48,30%	Chlor.
II. 0,654 -	- 1,268 -	- 48,95	-

Es war also noch etwas Wasser in dem Salze, doch weniger als 1%. Vergleicht man die Resultate dieser Analysen mit denen, welche die Untersuchung des Kalium-Rhodiumchlorids gegeben haben (s. Berzelius in diesen Annalen, Bd. 13, S. 442), so ergiebt sich eine merkwürdige Uebereinstimmung, diese wird aber noch gröfser, wenn man die Zusammensetzung der Oxyde des Rutheniums mit denen des Rhodiums vergleicht. 0,838 Grm. des pulverförmigen reducirten Rutheniums oxydirte sich anfangs beim Erhitzen sehr leicht, und nahm in kurzer Zeit 15% Oxygen auf, dann erfolgte die Oxydation langsamer. Nachdem beim Glühen auf der Weingeistlampe mit doppeltem Luftzuge das Oxyd nicht mehr am Gewichte zunahm, wurde es in einem Windofen einer heftigen Glühhitze ausgesetzt, wobei noch einige Milligramme Oxygen absorbirt wurden. Die ganze Menge des verschluckten Oxygens betrug 0,155 Grm., also auf 100 Theile Metall 18,4 Oxygen.

0,752 Grm. eines schwarzen Rutheniumoxydhydrats, das durch kohlensaures Kali aus der Lösung des Rutheniumchlorids gefällt, und darauf acht Tage hindurch ausgewaschen worden war, gab bei der Analyse:

0,166 Grm. Wasser,
0,102 Oxygen,
0,424 Metall,
0,060 Kalihydrat.

Das wasserleere, kalifreie Oxyd enthält also auf 75,9 Theile Metall 18 Theile Sauerstoff, nahe so, wie Berzelius die Zusammensetzung des Rhodiumoxydes $\dddot{R}$ gefunden hat.

Es ist also das analysirte trockene Salz $=2KCl_2 + Ru_2Cl_6$, das durch's Glühen erhaltene Oxyd $=3\dot{R}u + \dddot{R}u$, das gefällte Oxyd in reinem Zustande $\dddot{R}u$.

Hieraus ergiebt sich, dafs das Ruthenium ein merkwürdiges Paarling des Rhodiums ist, das in seinen Verbindungsverhältnissen dem Rhodium ganz gleich ist. Man kann also mit grofser Wahrscheinlichkeit annehmen, dafs es mit dem Rhodium isomorph ist, und ein ihm gleiches Atomgewicht, nämlich 651,387, hat.

Die grofse Uebereinstimmung der analytischen Resultate konnte vermuthen lassen, dafs das von mir aufgestellte neue Metall Rhodium sey; allein die anderweitige grofse Verschiedenheit des Verhaltens beider Metalle, welche ich hier besonders hervorheben will, ist dieser Meinung entgegen.

1) Das Ruthenium, mit Salpeter geschmolzen, löst sich mit orangegelber Farbe vollständig in Wasser auf, eben so beim Schmelzen mit Kali; das Rhodium giebt bei ähnlicher Behandlungsweise ein braungrünes Oxyd, das weder in Wasser, noch Säuren löslich ist.

2) Das Ruthenium wird beim Schmelzen mit saurem schwefelsauren Kali nicht gelöst.

3) Das Rutheniumchlorid hat eine pomeranzengelbe Farbe, und giebt, mit Alkalien behandelt, ein schwarzes Oxydhydrat. Das reine Rhodiumchlorid hat eine rosenrothe Farbe, und giebt mit Alkalien ein hellgelbes Oxyd.

4) Schwefelhydrogen, durch eine Lösung des Rutheniumchlorides geleitet, verwandelt dieses, unter Abscheidung von Schwefelruthenium, in ein dunkelblaues Chlorür [1]); Rhodiumchlorid hingegen wird theils zersetzt, theils bleibt es mit rosenrother Farbe unzersetzt in der Lösung.

1) Dieses blaue Chlorür habe ich bisher nur in flüssiger Form erhalten können, und zwar auf folgende Weise: Kalium-Rutheniumchlorid wird in Wasser, dem etwas Salzsäure zugesetzt worden, beim Erwärmen gelöst, und hierauf so lange mit H_2S behandelt, bis die Flüssigkeit Indigoblau geworden ist. Hierauf filtrirt man sie von dem schwarzen Schwefelruthenium ab, und leitet, zur Entfernung des darin enthaltenen freien Gases, einen raschen Strom Luft hindurch, bis jeder Geruch nach Schwefelhydrogen entfernt ist. Diese prächtig lasurblaue, in dichten Schichten fast undurchsichtige Flüssigkeit ist bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich beständig; sie giebt mit Ammoniak einen

5) Die Lösung des neutralen Rutheniumchlorids zersetzt sich ungemein leicht, besonders beim Erwärmen, indem sie in Folge der Bildung einer basischen Verbindung schwarz und undurchsichtig wird. Das Rutheniumchlorid ist sehr beständig.

Schliefslich gebe ich noch ein Verfahren an, wie man sich durch einen einfachen Versuch von der Eigenthümlichkeit des Rutheniums überzeugen kann. Man braucht hierzu nur ein Paar Milligrammen des Metalls oder irgend einer seiner Verbindungen. Man schmilzt es nämlich mit einem grofsen Ueberschufs von Salpeter in einem Platinlöffelchen bei starker Hitze so lange, bis die glühende Masse nicht mehr aufschäumt, sondern ruhig fliefst; dann läfst man erkalten und löst in wenigem destillirten Wasser. Ein Paar Tropfen Salpetersäure bringen in dieser pomeranzengelben Lösung einen voluminösen schwarzen Niederschlag als Rutheniumoxydkali hervor. Thut man zur Flüssigkeit mit dem Niederschlage Salzsäure und erhitzt sie in einem Porcellanschälchen, so löst sich das Oxyd auf, und nimmt bei der Concentration eine schöne orangengelbe Farbe an. Leitet man nun H_2S durch die Lösung, bis sie fast schwarz geworden ist und filtrirt, so läuft eine Flüssigkeit von prachtvoll lasurblauer Farbe durch.

violettblauen Niederschlag, der aber nach einiger Zeit grau wird; die Flüssigkeit hat dann eine schmutziggelbe Farbe. Raucht man die blaue Chlorürlösung ab, so nimmt sie bei starker Concentration eine schöne chromgrüne Farbe an, so dafs die Flüssigkeit von Chromchlorür nicht zu unterscheiden ist. Ammoniak giebt mit dieser einen dunkelgrünen Niederschlag, welcher sich beim Erhitzen mit der Flüssigkeit zum Theil mit kirschrother Farbe wieder auflöst, zum Theil in ein schwarzes, unlösliches Oxyd übergeführt wird. Sowohl das blaue als das grüne Chlorür verwandeln sich in das orangengelbe Chlorid, wenn sie mit Salpetersäure erhitzt werden. Ist das blaue Chlorür etwas verdünnt und mit viel Salzsäure vermischt, so wird es beim Erhitzen farblos. Auch schweflige Säure bewirkt vollständige Entfärbung.

VI. *Ueber das Xanthin; von Bodo Unger.*

Obgleich das Xanthin schon seit längerer Zeit von Marcet entdeckt ist, so war, da es sich in einigen wenigen Fällen als krankhafte Secretion des menschlichen Körpers fand, doch die Menge stets zu gering, um eine Untersuchung seiner Verbindungen damit anstellen zu können. Allein durch die Auffindung des Xanthins im Guano [1]) gelang es, eine für die nachfolgenden Versuche hinreichende Quantität zu gewinnen. Auf Veranlassung des Hrn. Prof. Magnus habe ich dieselben in seinem Laboratorium unternommen.

1) Die Darstellung.

Sie beruhte ursprünglich auf der Löslichkeit des Xanthins in Salzsäure. Seine Reinigung hatte indessen mit einer Schwierigkeit zu kämpfen, die darin bestand, dafs eine braune Materie, welche in grofser Menge den Guano begleitet, und eben so wie das Xanthin von Säuren und Alkalien aufgelöst wird, jenes verunreinigte und kaum durch die Behandlung mit Kohle zu entfernen war.

Noch weniger empfehlenswerth ist die Anwendung des kaustischen Kalis oder Natrons, da sich eine weit gröfsere Menge des schmierigen Körpers der Reinigung entgegenstellt.

Dagegen bietet die Kalkerde ein unschätzbares Mittel, sich ansehnliche Mengen von reinem Xanthin zu verschaffen. Dieselbe wurde auf folgende Weise angewendet. Der Guano wurde so lange mit einer dünnen Kalkmilch digerirt, bis die Flüssigkeit beim Kochen nicht mehr braun, sondern schwach grünlichgelb gefärbt erschien, worauf sie abfiltrirt und mit Salzsäure neutralisirt wurde.

1) Siehe diese Annalen, Bd. 62, S. 158.

Nach einigen Stunden hatte sich alles Xanthin von heller Fleischfarbe ausgeschieden, begleitet von ungefähr der gleichen Menge Harnsäure. Beide wurden durch kochende Salzsäure getrennt, welche nur das Xanthin auflöst, und beim Erkalten eine Verbindung von Chlorwasserstoff und Xanthin in Krystallen absetzt. Dieselbe wurde, obgleich schon jetzt ziemlich rein, noch mehrmals umkrystallisirt und durch Ammoniak das Xanthin daraus abgeschieden. Seine Ausbeute betrug $\frac{5}{8}$ Proc. vom Gewicht des angewandten Guano.

Der Vorzug der Kalkerde bei diesem Verfahren ist wohl ein doppelter: sie geht mit der braunen Materie eine unlösliche Verbindung ein, und veranlafst aufserdem die Lösung nur von Xanthin und Harnsäure. Da aber beide für sich in kaustischer Kalkerde kaum löslich sind, so ist es glaublich, dafs die Kalkerde die Kali- und Natronsalze des Guano kausticire, welche in diesem Zustande beide mit Leichtigkeit lösen. Auch fanden sich in der Flüssigkeit, aus welcher Xanthin und Harnsäure niederfielen, Chlorkalium und Chlornatrium, die indefs theilweis schon im Guano enthalten gewesen seyn können.

2) Die Analyse.

Nachdem das reine Xanthin aus seinen Auflösungen auf verschiedene Arten niedergeschlagen war, wurde es nach dem Auswaschen und Trocknen zur Bestimmung seiner Elemente nach der üblichen Methode mit Kupferoxyd verbrannt. Da aber die Kohle stickstoffhaltiger Körper auf diese Weise selten vollständig verbrennt, so wurde, sobald die Verbrennung vollendet war, Sauerstoffgas über das glühende Kupferoxyd geleitet. Dabei überzeugte ich mich von der Nothwendigkeit das Sauerstoffgas nicht vor beendigter Gasentwicklung zuzulassen, weil, wenn es geschehen war, Salpetersäure sowohl im Chlorcalciumrohr, als auch im Kaliapparat nachgewiesen werden konnte.

Günstig für die Bestimmung des Wasserstoffs ist die

hohe Temperatur, welche das Xanthin verträgt: bei 220° verliert es noch nicht am Gewichte. Darum konnte das Mengen und Einbringen der Substanz recht heifs geschehen, bei 120° bis 130°.

Der Stickstoff wurde als Platinsalmiak bestimmt und aus dem Atomgewicht des Chlors nach Marignac der Stickstoff berechnet zu 6,3453 Proc.

a) Xanthin durch Zersetzung der salzsauren Verbindung mit Ammoniak:

Xanthin.		Kohlensäure [1]).	Wasser.	Platinsalmiak.
0,3505	gaben	0,5015	0,115	
0,408	-	0,5912	0,1255	
0,25	-			1,831
0,1175	-			0,8565

oder:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.
100 gaben	39,63	3,63	46,47
	39,56	3,41	46,25.

b) Durch Zersetzung der schwefelsauren Verbindung mit Ammoniak:

Xanthin.		Kohlensäure.	Wasser.	Platinsalmiak.
0,4758	gaben	0,6939	0,1419	
0,4192	-	0,6089	0,1247	
0,1507	-			1,1096
0,1549	-			1,1275

oder:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.
100 gaben	39,81	3,30	46,72
	39,65	3,29	46,18

c) Durch Erhitzen des Hydrats auf 130°:

Xanthin.		Kohlensäure.	Wasser.	Platinsalmiak.
0,3194	gaben	0,4618	0,099	
0,494	-	0,714	0,154	
0,2759	-			2,002
0,324	-			2,3559

oder:

100

1) C=75,12.

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.
100 gaben	39,47	3,43	46,04
	39,46	3,45	46,13.

d) Durch Fällung des Kalixanthins mit Kohlensäure:

Xanthin.		Kohlensäure.	Wasser.	Platinsalmiak.
0,337	gaben	0,488	0,106	
0,448	-	0,650	0,137	
0,203	-			1,4925
0,1291	-			0,9468

oder:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.
100 gaben	39,53	3,48	46,64
	39,61	3,39	46,53.

	Gefunden im Mittel sämmtlicher Versuche	Berechnet nach $C^5H^5N^5O$.
Kohlenstoff	39,58	39,56
Wasserstoff	3,42	3,29
Stickstoff	46,49	46,62
Sauerstoff	10,51	10,53.

Hieraus ergiebt sich das Atomgewicht des Xanthins zu 949,399, welches ich künftig der Uebersichtlichkeit wegen mit Ẋ bezeichnen werde.

3) Die Verbindungen.

Die starken Säuren nehmen das Xanthin entschieden auf; die Schwefelsäure erhitzt sich dabei bedeutend: aber alle halten es nur lose gebunden. Nicht allein das Wasser veranlaſst eine Zersetzung, sondern, wenn die Säure flüchtig ist, schon vermehrte Wärme. So verliert das schwefelsaure Xanthin, wenn es mit vielem Wasser übergossen wird, seine Säure und die sonst glänzenden Krystalle werden undurchsichtig, und zerfallen zu einem weiſslichen Pulver, dem Xanthinhydrat; andererseits verliert das Chlorwasserstoff-Xanthin über 100° allmälig alle Säure, das essigsaure schon unter dieser Temperatur und ungleich rascher.

Leichter noch als die Säuren lösen Kali- und Natronhydrat das Xanthin auf, und mit dem Natron kann es krystallisirt erhalten werden. Die Hydrate von Kalk- und Baryterde aber lösen nur äufserst wenig, auch wenn sie zum Kochen gebracht werden. Diese Verbindungen sind durch die schwächsten Säuren zersetzbar, schon durch Kohlensäure, ja selbst durch Wasser.

Während aber das Xanthin eine so unentschiedene Neigung zu den Säuren und Basen zeigt, verbindet es sich leicht mit den Metallsalzen, mit dem Platinchlorid, den Silberoxyd- und Quecksilberoxydulsalzen.

Neutrales Chlorwasserstoff-Xanthin, $\dot{X}$ClH. Xanthin absorbirt das Chlorwasserstoffgas und schwillt unter geringer Temperaturerhöhung auf, während sein Gewicht fast um die Hälfte zunimmt. In kleinen gläsernen Apparaten wurde über gewogene Mengen von Xanthin während 48 Stunden trocknes Chlorwasserstoffgas geleitet, und nach dem Austausch des Ueberschusses gegen Luft die Gewichtszunahme bestimmt:

2,1804 Xanthin nahmen auf 1,0543 Chlorwasserstoff oder 48 34 Proc.
0,9432 - - - 0,4523 - - - 47,95 -

In beiden Fällen bestand die Verbindung aus:

		Berechnet nach $\dot{X}$ClH.
Xanthin	67,6	67,6
Chlorwasserstoff	32,4	32,4.

Die kalten Tage des verflossenen Winters waren zu diesen Versuchen sehr geeignet, da die Verbindung keine Wärme verträgt. Sie verliert unter 100° die Hälfte Chlorwasserstoff, und ein anhaltender Strom trockner Luft treibt ihn auch schon bei gewöhnlicher Temperatur aus.

Basisches Chlorwasserstoff-Xanthin, $\dot{X}^2$ClH, entsteht aus der folgenden Verbindung durch bloſses Verwittern an der Luft oder durch Erwärmen bis auf 100°. Gewogene Mengen wurden mit Ammoniak übergossen, in gelinder Wärme zur Trockne verdunstet, und mit

Wasser das Chlorammonium aus dem unlöslichen Xanthin gezogen, welches auf einem Filter gesammelt und nach dem Trocknen gewogen wurde. Der Chlorwasserstoff wurde aus dem Chlorsilber berechnet, welches salpetersaures Silberoxyd aus der Auflösung des Chlorammoniums niederschlug:

Verbindung.	Xanthin.	Chlorsilber.
0,5162	0,4167	0,3925
0,6122	0,494	0,465

oder:

	Xanthin.	Chlorwasserstoff.
100 gaben	80,72	19,33
	80,69	19,30.

	Im Mittel.	Berechnet nach $X^2 Cl H$.
Xanthin	80,70	80,64
Chlorwasserstoff	19,31	19,35.

Durch große Wärme verliert die Verbindung den Chlorwasserstoff langsam, aber vollständig: 1,0689 verloren bei 220° in sieben Stunden 0,206 oder 19,27 Procent. Das Gewicht verminderte sich nicht weiter, und in dem Zurückgebliebenen war kein Chlor mehr zu finden.

Basisch Chlorwasserstoff-Xanthin mit Wasser, $3X^2 Cl H + 7 H$. Von starker Salzsäure wird das Xanthin im Kochen gelöst. Die sehr saure Auflösung verträgt die Verdünnung mit vielem heißen Wasser, worauf die Verbindung beim Erkalten in hellgelben feinen Nadeln krystallisirt. Sie erleidet in verschiedenen Temperaturen verschiedene Gewichtsverluste; unter 100° geht das Wasser fort, bei 200° der Chlorwasserstoff. Sie wurde mit der Luftpumpe getrocknet und nach Art der vorigen Verbindung untersucht:

Verbindung.	Xanthin.	Chlorsilber.
1,038 gaben	0,755	0,706
0,958	0,696	0,643

oder:

	Xanthin.	Chlorwasserstoff.	Verlust.
100 gaben	72,73	17,09	10,19
	72,65	17,15	

	Im Mittel.		Berechnet nach $6\dot{X}3ClH+7\dot{H}$.
Xanthin	72,69		72,56
Chlorwasserstoff	17,12		17,41
Verlust	10,19	Wasser	10,02.

Mit dem Xanthin, welches diese Versuche lieferten, wurden die oben angeführten Analysen angestellt.

Basisch schwefelsaures Xanthin mit Wasser, $\dot{X}^2\dddot{S}\dot{H}+2\dot{H}$. Man setzt, um diese Verbindung zu erhalten, so lange Schwefelsäure zum Xanthin, bis eine vollständige Auflösung erfolgt ist. Die sehr saure Flüssigkeit läfst sich mit heifsem Wasser verdünnen, worauf beim Erkalten gelbliche Nadeln anschiefsen, die zuweilen zolllang werden. Sie können nicht mit Wasser abgewaschen werden, weil sie eine Zersetzung erleiden würden, wohl aber mit nicht zu starkem Alkohol. Mit Leichtigkeit lassen sie sich bis zu einem gewissen Grade zerreiben, aber es wäre vergebliche Mühe sie für die Analyse fein pülvern zu wollen, da sie das Xanthin in der Eigenschaft, durch Reiben dichter zu werden, noch übertreffen; eine Sonderbarkeit, mit welcher es im Zusammenhange steht, dafs das Xanthin durch Reiben Wachsglanz annimmt.

Die Krystalle verlieren durch Wärme einen Theil ihres Wassers; das übrige ist ungleich fester gebunden:

0,5879	verloren bei 120°	0,0477	oder 8,11	Proc.
1,1703	- - -	0,104	- 8,12	-

aber selbst über 200° wurde der Verlust nicht gröfser.

Diese entwässerte Verbindung wurde zur Abscheidung des Xanthins mit Ammoniak behandelt, ausgewaschen und das Xanthin gewogen. Die Schwefelsäure wurde durch Chlorbaryum bestimmt:

Verbindung.		Xanthin.	Schwefelsaure Baryterde.
1,074	gaben	0,815	0,6232
1,0095	-	0,7625	0,591
0,5415	-	0,4085	0,318

oder:

	Xanthin.	Schwefelsäure.	Verlust.
100 gaben	75,88	19,94	
-	75,53	20,12	4,31
-	75,44	20,18	

	Im Mittel.		Berechnet nach $\dot{X}^2 \dddot{S} \dot{H}$.
Xanthin	75,61		75,58
Schwefelsäure	20,08		19,94
Verlust	4,31	Wasser	4,47

Die früher erwähnten 8,12 Proc., welche bei 120° aus der Verbindung traten, entsprechen in Beziehung auf diese Formel zwei Aequivalenten Wasser, welches die unveränderten Krystalle mehr enthalten; nach der Rechnung mufste der Verlust 8,21 Proc. betragen. Die Formel des Salzes mit dem ganzen Wassergehalt ist folglich $\dot{X}^2 \dddot{S} \dot{H} + 2\dot{H}$.

Mit dem Xanthin, welches diese Versuche lieferten, wurden die oben erwähnten Verbrennungen angestellt.

Xanthinhydrat, $\dot{X}^3 \dot{H}^2$. Mit vielem Wasser zersetzt sich das schwefelsaure Xanthin so, dafs während ein Theil der Verbindung von der freigewordenen Säure aufgelöst wird, unlösliches Xanthinhydrat zurückbleibt. Dieses hat das Ansehen und die Eigenschaften des Xanthins, und unterscheidet sich nur durch seinen Wassergehalt. Bei 100° läfst es sich trocknen, und behält bei einer noch um einige Grade höheren Temperatur das Wasser, aber stärker erhitzt, verliert es dasselbe vollständig. Um seine Menge zu bestimmen, wurde die Verbindung, nachdem sie bei 100° getrocket war, so lange bei 125° erwärmt, bis sich das Gewicht nicht weiter verminderte.

Xanthinhydrat.		Wasser.		
0,6953	verloren bei 125°	0,050	oder 7,19	Proc.
0,5312	- - -	0,037	- 6,96	-
0,9363	- - -	0,0671	- 7,16	-

im Mittel 7,1 Proc., während die angeführte Formel 7,32 verlangt. Das erhaltene Xanthin wurde zu vier Versuchen verwendet, welche oben verzeichnet sind.

Vergleicht man die Zusammensetzung des Hydrats mit dem schwefelsauren Salze, aus dem es entstand, so läfst sich vermuthen, dafs eine auflösliche Verbindung, $\dot{X}\dddot{S}^2$, gebildet worden wäre. Obgleich aber ihre Bestandtheile in der Flüssigkeit vorhanden sind, so glückt es doch nicht sie in fester Form darzustellen, weil beim Verdunsten stets wieder die ursprüngliche Verbindung anschiefst, gemengt mit freier Schwefelsäure, welche hie und da zwischen den Krystallen hängt.

Basisch salpetersaures Xanthin, $\dot{X}^3 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{N}^2 \dot{H}^6$. Salpetersäure vom specifischen Gewicht 1,2 löst das Xanthin im Kochen leicht auf, ohne dafs es dadurch zersetzt würde. Es bilden sich beim Erkalten hellgelbe, glänzende Nadelgruppen, von wasserhaltigem salpetersauren Xanthin, die eben so unbeständig sind, wie das salzsaure, indem sie an der Luft verwittern und in erhöhter Temperatur die Säure verlieren. Nachdem sie mit Alkohol abgewaschen und über Schwefelsäure getrocknet waren, wurden diejenigen Krystalle, welche ihren Glanz behalten hatten, zur Untersuchung verwendet. Diese wurden mit Ammoniak übergossen und nach dem Verdunsten in gelinder Wärme mit Alkohol von 80 Proc. behandelt, worauf das Xanthin auf einem Filter gesammelt, mit stärkerem Alkohol ausgewaschen und nach dem Trocknen gewogen wurde. Zu der abfiltrirten Lösung des salpetersauren Ammoniumoxyds wurde die Hälfte Aether gesetzt, mit Platinchlorid das Ammoniak niedergeschlagen, und die Salpetersäure berechnet, unter der Annahme, dafs das salpetersaure Ammoniumoxyd ein neutrales Salz sey:

Verbindung.		Xanthin.	Platinsalmiak.
1,303	gaben	0,7617	1,472
1,3552	-	0,797	1,5377
0,959	-	0,5604	1,0823

oder:

	Xanthin.	Salpetersäure.	Verlust.
100 gaben	58,45	27,40	
	58,81	27,53	14,0
	58,43	27,38.	

	Im Mittel.		Berechnet nach $\dot{X}^3\ddot{\ddot{N}}^2\dot{H}^6$.
Xanthin	58,56		58,39
Salpetersäure	27,44		27,76
Verlust	14,0	Wasser	13,85.

Durch Erhitzen bis zu einem gewissen Grade läfst sich das Wasser nicht bestimmen, da schon bei ganz niedriger Temperatur die Säure dem Wasser folgt, daran bemerklich, dafs die Luft des Glases, in welchem das trockne Salz aufbewahrt wird, fortwährend das Lackmuspapier röthet.

Basisch weinsteinsaures Xanthin, $\dot{X}^3\bar{T}^2\dot{H}^4$. Das weinsteinsaure Xanthin krystallisirt aus einer verdünnten, sehr sauren Auflösung in gelblichen Warzen, welche bei der Berührung zerfallen, und ein strahliges, schillerndes Gefüge zeigen. Es läfst sich bei 100° trocknen und behält auch bei 120° sein früheres Gewicht. Seine Zusammensetzung wurde durch Verbrennung gefunden:

Verbindung.		Kohlensäure.	Wasser.	Platinsalmiak.
0,326	gaben	0,418	0,117	
0,3645	-	0,4635	0,1315	
0,544	-	0,690	0,1947	
0,151	-			0,6295
0,263	-			1,103
0,308	-			1,278

oder:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.
100 gaben	35,0	3,98	26,45
	34,72	4,0	26,61
	34,63	3,96	26,22.

	Im Mittel.		Berechn. nach $C^{23} H^{31} N^{15} O^{17}$.
Kohlenstoff	34,78		34,91
Wasserstoff	3,98		3,90
Stickstoff	26,43		26,82
Verlust	34,81	Sauerstoff	34,35.

Die Darstellung einer Doppelverbindung dieses Salzes mit Antimonoxyd glückte nicht, und auch mit Kali konnte es nicht krystallisirt erhalten werden.

Basisch phosphorsaures Xanthin, $\dot{X}^3 \dddot{P}^2 \dot{H}^2$. Das phosphorsaure Xanthin krystallisirt weniger gut, gewöhnlich fällt es in Körnern nieder, welche sich zu einer Kruste vereinigen. Bei 100° läfst es sich trocknen, aber bei 120° verliert es Wasser:

0,7924	verloren bei 120°	0,0351	oder	4,43 Proc.
0,7968	- - -	0,0369	-	4,63 -

im Mittel 4,53 Proc.

Aus der entwässerten Verbindung wurde das Xanthin durch Ammoniak ausgeschieden und gewogen:

0,757	gaben	0,4649 Xanthin	oder	61,4 Proc.
0,7595	-	0,465	- -	61,22 -

welches 58,66 und 58,35 Procenten der wasserhaltigen Verbindung entspricht.

Danach bestand diese letztere im Mittel aus:

Xanthin	58,5
Wasser	4,53
Verlust	36,97.

Aber es war nöthig, die Phosphorsäure nicht allein aus dem Verlust, sondern auch direct zu bestimmen, da das Salz gleich dem schwefelsauren Wasser zurückhalten konnte, welches durch Hitze nicht auszutreiben wäre. Bei Berechnung derselben aus dem Platinsalmiak, gebildet durch Fällung des vorhin entstandenen phosphorsau-

sen Ammoniumoxyds mit Platinchlorid, fiel ihr Gehalt, unter der Voraussetzung, dafs das phosphorsaure Ammoniumoxyd $\dot{N}H^4\dddot{P}Aq$ sey, um $\frac{1}{3}$ höher aus, als die aus dem Verlust bestimmte Phosphorsäure, nämlich im Mittel zweier Versuche zu 48,58 Proc. Ich mufs es dahin gestellt seyn lassen, ob das phosphorsaure Ammoniumoxyd wirklich die erwähnte Zusammensetzung hatte.

Um daher die Phosphorsäure direct zu bestimmen, wurde die Verbindung mit Ammoniak zersetzt, die abfiltrirte Flüssigkeit in einer Platinschale verdampft und geglüht, und die Phosphorsäure aus der Gewichtszunahme bestimmt, welche eine gewogene Menge Bleioxyd dadurch erfuhr:

	Wasserhaltige Verbindung.		Xanthin.	Phosphorsäure.
	0,8985	gaben	0,525	0,326
oder	100	-	58,43	36,28.

Die Formel $\dot{X}^3\dddot{P}^2\dot{H}^2$ verlangt:

Xanthin	58,63
Phosphorsäure	36,73
Wasser	4,63.

Basisch oxalsaures Xanthin, $\dot{X}^3\dddot{C}^2\dot{H}^2$, krystallisirt schwierig; am besten noch, wenn zu der salzsauren Auflösung des Xanthins eine nicht zu verdünnte Auflösung von oxalsaurem Ammoniumoxyd gesetzt wird. Dann scheidet es sich in Knöpfchen, die hie und da entstehen, aus. Es verträgt 120° ohne Gewichtsverlust.

Verbindung.		Kohlensäure.	Wasser.	Platinsalmiak.
0,4949	gaben	0,6502	0,1322	
0,4289	-	0,5677	0,119	
0,1052	-			0,5505
0,211	-			1,103

oder:

		Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.
100	gaben	35,87	2,96	33,2
		36,14	3,07	33,17.

	Im Mittel.	Berechnet nach $C^{19}H^{19}N^{15}O^{11}$.
Kohlenstoff	36,0	35,91
Wasserstoff	3,01	2,98
Stickstoff	33,19	33,41
Verlust	27,8	Sauerstoff 27,68.

Natronxanthin mit Wasser, Na X $\dot{H}^6$. Setzt man zu einer concentrirten und erwärmten Lösung von Natronhydrat so lange Xanthin, als es noch aufgenommen wird, und verdünnt mit vielem Alkohol, so krystallisirt ein verworrenes Blätterwerk von wasserhaltigem Natronxanthin. Dieses Salz verwittert an der Luft und zieht begierig Kohlensäure an. Mit Wasser übergossen, scheidet es Xanthin aus, während ein Theil aufgelöst wird, ein Versuch, der mit den frischen Krystallen und ausgekochtem Wasser anzustellen ist, um sicher zu seyn, daſs nicht Kohlensäure im Spiele sey. Es wurde mit der Luftpumpe getrocknet und durch Erhitzen über 100° von seinem Wasser befreit:

Verbindung.		Wasser.			
1,4394	verloren	0,482	oder	33,48	Proc.
1,826	-	0,6035	-	33,05	-

im Mittel 33,26 Proc. Wasser.

Nach dem Entwässern wurde es mit Salzsäure gesättigt, mit Ammoniak neutralisirt und zur Trockne gebracht. Das Xanthin wurde ausgewaschen, getrocknet und gewogen:

Entwässerte Verb.		Xanthin.			
0,506	gaben	0,3545	oder	70,06	Proc.
0,387	-	0,2727	-	70,46	-

im Mittel 70,26 Proc. Xanthin.

Die abfiltrirte Lösung von Chlornatrium und Chlorammonium wurde in einer Platinschale verdampft, und der Rückstand geglüht. Das zurückgebliebene Chlornatrium wurde in Wasser aufgelöst, durch salpetersaures Silberoxyd zersetzt, und aus dem Chlorsilber das Natron berechnet:

Chlornatrium.		Chlorsilber.		Natron [1]).	
0,506	gaben	0,7005	oder	30,11	Proc.
0,387	-	0,5338	-	30,0	-

Bei diesem Verfahren konnte das Natron leicht zu gering ausfallen, wenn nämlich beim Glühen Chlornatrium verflüchtigt wurde, dennoch gab es mehr als der Verlust von 29,74 Proc. betrug, was wohl davon herrührt, dafs die Verbindung nicht ganz frei von kohlensaurem Natron war.

	Gefunden im Mittel.	Berechnet nach $\dot{Na}\dot{X}$.
Natron	30,0	29,09
Xanthin	70,26	70,91.

Der Wassergehalt von 33,26 Proc. entspricht nahe 6 Aequivalenten, indem die Berechnung 33,51 Proc. fordert, so dafs die wasserhaltigen Krystalle des Natronxanthins sich ausdrücken lassen durch die Formel:

$$\dot{Na}\,\dot{X}\,\dot{H}^6.$$

Wie viele schwache Basen ungleich festere Verbindungen mit Salzen, als mit Säuren und Alkalien bilden, so auch das Xanthin. Eine besondere Aufmerksamkeit verdient die Verbindung desselben mit Platinchlorid, das *Chlorxanthin-Platinchlorid.*

Obgleich dieses Doppelsalz dem Einflufs starker Reagentien widersteht, so zersetzt es sich doch schon freiwillig, und theilt noch in höherem Grade die Eigenschaft des Chlorwasserstoff-Xanthins in seine Bestandtheile zu zerfallen.

Die Säuren lösen es nicht auf, mit Leichtigkeit aber kaustische wie kohlensaure Alkalien, und aus der Natronlösung wird durch Säuren das unveränderte Doppelsalz niedergeschlagen. Bei Anwendung des kohlensauren Natrons entweicht Kohlensäure, doch nur so lange das Salz frisch ist; war es schon länger mit der Luft in Berührung, so wird nicht mehr die Kohlensäure entwikkelt, und es erfolgt keine vollständige Auflösung mehr.

1) Na = 289,5.

Man weiſs nicht, wie man um dieser Eigenschaft willen die Verbindung untersuchen soll: sie ohne Zersetzung durch Wärme zu trocknen, ist vielleicht unmöglich, und versucht man es mit der Luftpumpe, so wird ein eingelegtes Lackmuspapier fortwährend geröthet. Da aber die Zersetzung allmälig erfolgt, so wären wenigstens annähernde Resultate von der Analyse zu erwarten. Mir thut das Bekenntniſs aufrichtig leid, selbst diese nicht einmal erlangt zu haben. Denn wenn die Substanz, über Schwefelsäure getrocknet, mit einem groſsen Ueberschuſs von Soda geglüht und zur Entfernung des gebildeten Cyannatriums mit Kali gekocht worden war, so schwankte der aus dem Chlorsilber berechnete Chlorgehalt zwischen 30 und 40 Proc. Die Verbrennungen mit chromsaurem Bleioxyd wurden unrichtig durch die Salzsäure, welche Chlorcalciumrohr und Kaliapparat aufnehmen. So blieb nichts übrig, als die ungefähre Bestimmung von Platin und Stickstoff, welche im Mittel der Versuche 34,85 Platin und 13,07 Stickstoff gab. Wenn es nicht zu verwegen ist, aus solchen Resultaten eine Formel aufzustellen, so möchte die folgende als richtig angenommen werden können:

$$\dot{X}ClH + PtCl^2,$$

analog dem Platinsalmiak und enthaltend:

Platin	34,99
Chlor	37,71
Stickstoff	12,58.

Die Verbindung krystallisirt in Nadelgruppen, doch bildeten sich in einer verdünnten Auflösung auch einzelne kürzere Krystalle, welche jedoch niemals regelmäſsige Octaëder waren.

Später wurde ein anderer Weg versucht: Zink mit freier Säure zerlegt, das Doppelsalz, wiewohl erst nach Tagen, doch vollständig, und schwarzes Platin wird ausgeschieden. Die abfiltrirte Flüssigkeit giebt, nach Sättigung der freien Säure mit Ammoniak, das Xanthin, und

aus der Auflösung wird Chlorsilber niedergeschlagen. Aber das Xanthin enthält dann stets noch Zink und Chlor, und läfst sich durchaus nicht reinigen, so dafs es scheint, als ob eine Zink-Doppelverbindung gebildet worden wäre.

Schwefelsaures Xanthinsilberoxyd. Mit der verdünntesten Auflösung von schwefelsaurem Xanthin giebt salpetersaures Silberoxyd einen äufserst voluminösen, halbklaren Niederschlag, unlöslich in Ammoniak und allen Säuren. Man könnte ihn Wochen lang waschen, ohne von seiner Reinheit überzeugt zu seyn. Nach dem Trocknen nimmt er den kleinsten Raum ein und bildet eine blafs fleischfarbene, harte Masse; geschah es aber auf dem Filter selbst, so hat er dieses so umschlossen, dafs das Papier nicht davon zu trennen ist.

Dieser Körper widersteht auf das Hartnäckigste dem Kali wie der Schwefelsäure, und läfst sich sogar mit ihnen kochen, ohne verändert zu werden. Erhitzt man ihn, so wird er aus dem Tiegel geworfen, und hat sich in ein braunes Pulver verwandelt, aus welchem durch Glühen langsam unter Entwicklung von schwefliger Säure und einem cyanähnlichen Geruche das Silber reducirt wird. Mit Hülfe von Zink lassen sich seine Bestandtheile erkennen: man erhält Silber, Xanthin und Schwefelsäure, aber keine Salpetersäure. Uebrigens ist sein Verhalten zu dem Zink höchst seltsam: so lange nämlich die Wasserstoffgasentwicklung währt, sieht man, dafs Silber mit schwarzer Farbe reducirt wird; rasch abgespült und im Mörser gerieben, bekommt es den metallischen Glanz des Silbers, und wird, wie jenes, von Salpetersäure gelöst. Ist aber das Zink verbraucht und hat die Wasserstoffentwicklung aufgehört, so geht die schwarze Farbe des Silbers in's Braungrüne über, und nach einiger Zeit ist kein metallisches Silber mehr zu finden. Der verwandelte Körper bleibt glanzlos, wie sehr man ihn reibe, und verbreitet vorübergehend einen sonderbaren Geruch;

von heifser Salpetersäure wird er nicht aufgelöst. Beim Glühen entweicht erst schweflige Säure, dann kommt ein cyanähnlicher Geruch, zuletzt verglimmt der Rückstand und weifses Silber bleibt auf dem Spatel.

Das Doppelsalz von *salpetersaurem Quecksilberoxydul und salpetersaurem Xanthin* ist schwerlöslich und krystallisirbar. Erhitzt, verpufft es ohne merkliches Geräusch, indem es weifse Dämpfe ausstöfst. Es ist durch Zink nicht reducirbar.

Die sämmtlichen untersuchten Verbindungen sind folgende:

$$\dot{X}\ \not{Cl}\ \not{H}$$
$$\dot{X}^{2}\ \not{Cl}\ \not{H} + Aq$$
$$\dot{X}^{2}\ \dddot{S}\ \not{H}^{3}$$
$$\dot{X}^{3}\ \overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{\not{N}}}{}^{2} + Aq$$
$$\dot{X}^{3}\ \bar{T}^{2}\ \dot{\not{H}}^{4}$$
$$\dot{X}^{3}\ \overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{\not{P}}}{}^{2}\ \dot{\not{H}}^{2}$$
$$\dot{X}^{3}\ \ddot{\not{C}}\ \dot{\not{H}}^{2}$$
$$\dot{X}^{3}\ \dot{\not{H}}^{2}$$
$$\dot{X}\ \dot{Na} + Aq$$
$$\dot{X}\ \not{Cl}\,\not{H}\,Pt\,\not{Cl}^{2}.$$

Durch $\dot{\not{H}}$ ist diejenige Menge Wasser bezeichnet, welche erst in höherer Temperatur aus der Verbindung entweicht.

4) Ueber den Namen Xanthin.

Ursprünglich von dem Entdecker Marcet *Xanthic oxide* genannt, bekam später der nämliche Körper, auf den Grund einer Analyse von Liebig und Wöhler, den Namen harnige Säure. Die Harnsäure und das Xanthin sind auch in der That in manchen Eigenschaften einander so ähnlich, dafs die Ansicht nahe liegt, beide für Oxyde desselben Radicals zu halten, sobald die Analyse eine solche gestattet. Aber vielleicht darum, dafs

jene Bezeichnung dem Ohre weniger angenehm war, kam gleichzeitig der kürzere Name Xanthin in Gebrauch.

Veranlafst durch die äufsere Aehnlichkeit, die vielfach übereinstimmenden Eigenschaften und das Vorkommen, trug ich kein Bedenken den Körper, der Gegenstand dieser Versuche war, für identisch mit jenem zu halten. Doch finden sich Verschiedenheiten, namentlich fehlt die Uebereinstimmung der Analysen; denn es bestand [1]):

	das menschliche Xanthin aus	das Xanthin des Guano aus
Kohlenstoff	39,57	39,56
Wasserstoff	2,6	3,28
Stickstoff und Sauerstoff	36,95	46,61

Da indessen ein wesentlicher Unterschied nur in dem Gehalt des Stickstoffs liegt, so wäre es möglich, dafs bei der früheren, weniger zuverlässigen Methode der Bestimmung desselben ein Irrthum obgewaltet hätte.

Das menschliche Xanthin ist ein sehr seltener Körper, und in Sammlungen wird es mit Sorgfalt aufbewahrt: möchte es der Wissenschaft zu Liebe aus seinem Verschlusse wandern; denn wohl nur auf diesem Wege ist die Entscheidung möglich, ob ein und derselbe Körper in der Blase des Menschen und in den Harnwegen der Vögel gebildet wurde.

1) Liebig und Wöhler in diesen Annalen, Bd. 41, S. 393.

VII. *Chemische Untersuchung der Milch des Kuhbaums und einer anderen südamerikanischen Pflanzenmilch; von W. Heintz.*

Im vergangenen Herbst sendete Dr. H. Karsten, der sich gegenwärtig zu St. Esteban, in der Provinz Venezuela, befindet, zwei mit dem Milchsaft des *Palo de Leche* oder *Palo de Vaca* gefüllte Fläschchen der Berliner Academie der Wissenschaften ein, welche mir durch Hrn. Prof. Ehrenberg zur näheren chemischen Untersuchung übergeben wurden.

Es ist bekannt, dafs der Baum, von welchem dieser Saft stammt, und aus welchem er in so grofser Menge nach seiner Verwundung ausfliefst, so wie er selbst durch A. v. Humboldt [1]) in Europa bekannt geworden ist. Die Pflanze wurde damals von Kunth nach den wenigen Blättern, welche demselben zu ihrer Bestimmung übergeben worden waren, für eine *Urticee* erklärt. Er nannte sie vorläufig *Galactodendrum utile.* Später zeigte Don, dafs sie zu der Gattung *Brosimum* zu rechnen sey, wie auch schon Kunth vermuthet hatte.

Etwas später haben Boussingault und Mariano de Rivero [2]) in Amerika selbst den Saft chemisch untersucht, und darin gefunden: 1) Wachs, 2) einen Stoff, den sie für dem thierischen Faserstoff identisch erklärten, 3) Zucker; 4) ein Magnesiasalz, welches keine Essigsäure enthielt, 5) Wasser.

Ferner hat E. Solly [3]) eine freilich nicht sehr ausführ-

1) *Rélation historique, V;* oder *Annales de chimie et de physique, VII, p.* 182.

2) *Annales de chimie et de physique, XXIII, p.* 219.

3) *Phil. Magazine* (1837,) *Vol. XI, p.* 452.

führliche Abhandlung über die Kuhbaummilch bekannt gemacht, worin Resultate angegeben sind, die wenigstens beweisen, dafs die von Hrn. Karsten gesendete Milch von demselben Baume stammt, wie die von ihm untersuchte. Er fand:

1) Wasser	62,00
2) Galactin (Harz und Wachs)	30,57
3) Gummi und salzartige Stoffe, wahrscheinlich essigsaure Magnesia	4,37
4) Gluten und Albumin	3,06
	100.

Vor einigen Jahren hat Marchand [1]) die Untersuchung eines Milchsafts publicirt, welcher durch den Sohn des Director Otto aus Caraccas, als von dem *Palo de Vaca* herstammend, nach Berlin gesendet worden war. Er gelangte bei Untersuchung derselben zu Resultaten, die von denen Boussingault's und Mariano de Rivero's, so wie Solly's so sehr abweichen, dafs man dadurch auf die Vermuthung kommen mufs, dafs sie verschiedene Pflanzensäfte untersucht haben. Er fand nämlich in demselben: 1) Wasser, 2) gährungsfähigen Zukker, 3) Kalkerde, Magnesia, gebunden an Phosphorsäure, Spuren von Essigsäure und Buttersäure, 4) drei verschiedene Harze, deren Zusammensetzung er gleich $C^{10}H^{16}O$, $C^{20}H^{32}O$ und $C^{50}H^{82}O$ angiebt, 5) einen kautschukähnlichen Stoff gleich $C^{40}H^{66}O^{3}$. Ich glaube, dafs die abweichenden Resultate der genannten Forscher durch die nachfolgende Arbeit hinreichend erklärt werden.

Wie ich schon oben erwähnte, erhielt ich zwei Flaschen dieses Saftes, von denen die eine gröfsere, welche nur mit einem gut schliefsenden, fest mit Bindfaden verbundenen, aber nicht mit Pech umgossenen Korkpfropfen verschlossen war, den ungemischten Milchsaft, die andere kleinere aber, deren Korkpfropfen mit Sie-

1) Journal für practische Chemie, Bd. 21, S. 43. 1840.

gellack versiegelt war, mit etwa dem vierten bis fünften Theil Spiritus vermischte Milch enthielt. Ich setzte mir vor, jene hauptsächlich zur Untersuchung der harzähnlichen Stoffe und des feuerbeständigen Rückstandes, diese dagegen zur Auffindung des Zuckers, des Gummis, der Proteinverbindungen und organischen Säuren zu benutzen, weil ich der Meinung war, dafs diese letzteren jedenfalls in der nicht mit Spiritus versetzten Milch verändert seyn mufsten, dafs dagegen die Harze unverändert seyn möchten. In wie weit diese Ansicht die richtige war, wird die Untersuchung selbst lehren.

1) Untersuchung der nicht mit Spiritus versetzten Kuhbaummilch.

Als ich die Flasche, welche diese Milch enthielt, öffnete, wurde, unter einem schwachen Knall, Luft aus derselben ausgetrieben, und nach kurzer Zeit stieg ein geringer Theil der Flüssigkeit aus der Flasche heraus. Die Zersetzung des Zuckers durch Gährung war daher schon eingetreten. Diese Gasentwicklung verhinderte eine Bestimmung des specifischen Gewichts der Flüssigkeit, deren mich übrigens Dr. H. Karsten überhoben hat, der das specifische Gewicht des frisch aus dem Baum geflossenen Saftes gleich 1,27 oder 10° des Beaumé'schen Schweremessers fand. Derselbe hat auch die Quantität des nach dem Abdampfen bei 100° zurückbleibenden festen Rückstandes bestimmt, und gleich 41,7 Proc. gefunden. Ich erhielt aus 12,336 Grm. Milch 5,273 Grm. festen Rückstandes, also 42,7 Proc.

Die Milch reagirte sauer, war sehr dickflüssig, in ihren übrigen physikalischen Eigenschaften aber der Kuhmilch sehr ähnlich, und besafs einen unangenehmen Geruch, der deutlich an Buttersäure erinnerte. Unter dem Mikroskop betrachtet, erchien diejenige Substanz, welche der Milch die weifse Farbe mittheilte, in Form von kleinen Kügelchen, die, nach Karsten, einen Durchmesser von 0,001 Linien haben. Karsten sagt, dafs sie selten

größser vorkommen. Die Messungen, welche ich mit einem vorzüglichen Schiek'schen Schraubenmikrometer angestellt habe, gaben einen gröfseren Werth, der bis 0,0004 Pariser Zoll und selbst noch höher stieg. Sollten die Kügelchen vielleicht durch das anhaltende, wenn auch nur geringe Bewegen der Milch auf dem Schiff mehr zusammengeballt seyn?

Beim Abdampfen der Milch im Wasserbade entwikkelte sich der Geruch nach Buttersäure stärker. Marchand giebt auch schon die Anwesenheit dieser Säure in der von ihm untersuchten Milch an. Ich destillirte daher zwei Unzen der Milch im Wasserbade, wobei eine stark sauer reagirende Flüssigkeit übergetrieben wurde, die den Buttersäuregeruch im vollsten Maafse besafs. Der Rückstand von der Destillation roch immer noch etwas nach dieser Säure, entwickelte den Geruch aber nicht stärker durch Zusatz von Schwefelsäure. Die Säure war daher frei in der Milch vorhanden. Die Quantität derselben, welche ich erhielt, sättigte etwa einen Gran krystallisirten kohlensauren Natrons, eine Menge, die durchaus nicht hinreichte, um ihre Natur durch Versuche bestimmt nachzuweisen. Als aber das so erhaltene Natronsalz mit etwas Schwefelsäure und Alkohol übergossen wurde, entwickelte sich der charakteristische Geruch des Buttersäureäthers. Ich zweifle daher nicht mehr an der Gegenwart dieser Säure in der von mir untersuchten Milch, zumal da sich, wie ich weiter unten zeigen werde, ihre Bildung in derselben leicht erklärt.

Die nach dem Verdampfen des Wassers der Kuhbaummilch zurückbleibende Masse war bräunlich, schmolz leicht, und bildete dann ein fast farbloses Harz, in dem braune Flocken schwammen. Bei der Untersuchung dieses Rückstands habe ich im Allgemeinen die von Marchand angegebene Methode befolgt, weil ich hoffte, auf diese Weise am schnellsten zu einem guten Resultate zu gelangen.

Die bei sehr gelinder Wärme geschmolzene Masse wurde allmälig in stark bewegten absoluten Alkohol gegossen, um sie darin möglichst fein zu vertheilen, was auch vollkommen gelang, dann in eine mit einem eingeschliffenen Glasstöpsel verschliefsbare Flasche gethan, und mehrere Tage unter öfterem Umschütteln stehen gelassen. Darauf filtrirte ich und wusch den ungelösten Rückstand mit absolutem Alkohol aus. Nachdem der Alkohol aus dem Filtrat abdestillirt und durch ferneres Abdampfen im Wasserbade möglichst entfernt war, theilte sich die Flüssigkeit in zwei Schichten, wovon die eine oben aufschwimmende harziger Natur und fast farblos war, die andere eine nicht bedeutende Menge eines braunen, in Wasser löslichen Extracts darstellte. Dieses wurde mit Wasser ausgezogen und die Auflösung zur Trockne abgedampft. Durch Zusatz von Schwefelsäure wurde daraus kein Geruch nach Buttersäure entwickelt, wie Marchand bei seiner Untersuchung der von Otto gesendeten Milch fand. Das mit kochendem Wasser ausgelaugte Harz war beim Erkalten ziemlich fest und brüchig geworden, hatte aber seine Durchsichtigkeit behalten. Es besafs ganz das Ansehen von sehr hellem Colophonium, war aber weniger spröde, und erweichte leichter zwischen den Fingern.

Die Elementarzusammensetzung dieses Harzes habe ich nicht bestimmt, weil die folgenden Versuche mir nachwiesen, dafs es verändert seyn mufste.

Als ich den in kaltem absoluten Alkohol nicht gelösten Theil des Kuhbaummilchextracts mit Weingeist von 0,890 spec. Gewicht auskochte und kochend filtrirte, schieden sich beim Erkalten weifse Flocken aus der Flüssigkeit aus, die abfiltrirt und ausgewaschen wurden. Beim Trocknen färbten sie sich braun Sie wurden daher mit Wasser ausgekocht und von Neuem in Alkohol gelöst, wobei ein höchst geringer brauner Rückstand blieb, welcher nur Spuren von Stickstoff enthielt, wie es mir nach

der von **Lassaigne** angegebenen Methode leicht nachzuweisen gelang. Er bestand daher höchst wahrscheinlich aus einer sehr geringen Menge einer Proteinverbindung und Apothema. Die alkoholische Lösung hinterliefs nach dem Abdampfen ein fast farbloses Harz, das bei der Verbrennung folgendes Resultat gab:

Aus 0,2003 Grm. erhielt ich 0,5973 Grm. Kohlensäure und 0,201 Grm. Wasser. Diefs entspricht 81,42 Proc. Kohlenstoff und 11,15 Proc. Wasserstoff.

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	81,42	81,85	15C
Wasserstoff	11,15	10,88	24H
Sauerstoff	7,43	7,27	1O
	100	100.	

Es stand mir nicht mehr von diesem Harz zu Gebote, so dafs ich mich mit dieser einen Analyse desselben begnügen mufste. Man ersieht aus derselben, dafs es, wie fast alle Harze, die bis jetzt hinreichend genau untersucht sind, eine Oxydationsstufe des Kohlenwasserstoffs (C^5H^8) ist; denn $C^{15}H^{24}O$ ist gleich $3(C^5H^8)O$. Der Verfolg dieser Arbeit wird aber zeigen, dafs es ohne Zweifel als ein Product der Oxydation des ursprünglich in der Milch vorhandenen Harzes betrachtet werden mufs.

In dem erkalteten Spiritus von 0,890 spec. Gewicht blieb nur eine geringe Menge eines Harzes, und ein wenig eines beim Abdampfen, Auslaugen des Rückstandes mit Wasser, und Verdunsten des Wassers in Form eines Extracts zurückbleibenden, keine Buttersäure enthaltenden Stoffs aufgelöst. Wegen der geringen Menge der Stoffe, welche verdünnter Alkohol auflöste, kann ich denselben nicht als ein Mittel zur Scheidung einer in der Kuhbaummilch enthaltenen Substanz betrachten. Ich glaube vielmehr, dafs einige derselben sich in sehr geringer Menge in demselben aufzulösen vermögen, wie etwa schwefelsaure Kalkerde in Wasser. Ich habe daher bei der Untersuchung

der mit Spiritus versetzten Kuhbaummilch, welche ich weiter unten anführen werde, die Anwendung dieses Auflösungsmittels unterlassen.

Derjenige Theil des Extracts der Kuhbaummilch, welcher sich weder im kalten absoluten Alkohol, noch in kochendem Spiritus von 0,890 spec. Gewicht aufgelöst hatte, wurde jetzt mit absolutem Alkohol ausgekocht und die Auflösung kochend heifs filtrirt. Beim Erkalten schied sich aus derselben ein schneeweifser Stoff aus, der abgeprefst und durch mehrmaliges Wiederauflösen in kochendem absoluten Alkohol gereinigt wurde. Dieser Körper war bei 70° C. vollkommen geschmolzen. Bei 67° fing auf der Oberfläche die Abscheidung desselben im festen Zustande an. Bei 65° und etwas darüber blieb das Quecksilber des Thermometers einige Secunden unverändert, und sank dann wieder wie vorher allmälig. Der wahre Schmelzpunkt dieser Substanz liegt also zwischen 65° und 66° C. Auf die Eigenschaft, dafs sie beim Erkalten trübe und undurchsichtig, wie Wachs, wurde, gründete ich eine Controle für die Bestimmung ihres Schmelzpunkts. Ich tauchte nämlich die Kugel des Thermometers in die geschmolzene Masse, entfernte es aber, sobald es 70° bis 80° C. anzeigte, wieder aus derselben, und liefs es nun in der Luft langsam erkalten. In dem Moment, wo der an der Thermometerkugel haftende harzige Stoff trübe wurde, las ich die Grade, welche das Thermometer zeigte, ab. Ich fand so stets denselben Schmelzpunkt, wie nach der so eben angegebenen Methode.

In kaltem absoluten Alkohol löste sich nur sehr wenig dieses Stoffs, in kaltem Alkohol von 0,835 spec. Gewicht gar nichts auf, während beide es im Kochen lösten. Aether löst es in der Kälte schwer, im Kochen leichter auf. Die beim Kochen erhaltene Auflösung wird beim Erkalten trübe, und wenn sie gesättigt ist, gelatinirt ist. Die verdünntere erkaltende ätherische Lösung setzt

das Harz allmälig in kleinen Kügelchen ab, die, unter dem Mikroskop betrachtet, aus höchst feinen Nadeln zu bestehen scheinen. Diese Auflösung röthet nicht Lackmuspapier, selbst nicht nach dem Verdunsten des Aethers.

Wurde dieser wachsähnliche Körper mit sehr concentrirter Kalilauge sehr lange digerirt, so färbte er sich gelblich und wurde seifenartig schlüpfrig. Nach dem Abspülen des Kalis löste er sich zum gröfsten Theil beim Kochen mit Wasser auf, fiel aber zum Theil beim Erkalten wieder gallertartig nieder. Diese wäfsrige Lösung wurde durch Säure gefällt. Er ist also verseifbar, obgleich schwierig.

Bei der Untersuchung der Zusammensetzung dieser Substanz boten sich ungewöhnliche Schwierigkeiten dar, welche dadurch veranlafst wurden, dafs sich ein sehr schwer verbrennliches flüchtiges Product daraus bildete. Sobald also nur momentan eine etwas zu starke Hitze angewendet wurde, so ward das durch das Rohr etwas zu schnell streichende Gas nicht vollkommen zu Kohlensäure und Wasser oxydirt, es fand ein Verlust an Kohlenstoff und Wasserstoff statt.

Bei drei, mit besonderer Vorsicht ausgeführten Analysen erhielt ich folgende Zahlen:

0,2127 Grm. gaben 0,6153 Grm. Kohlensäure und 0,2395 Grm. Wasser, d. h. 78,99 Proc. Kohlenstoff und 12,51 Proc. Wasserstoff.

0,2203 Grm. gaben 0,6358 Grm. Kohlensäure und 0,2452 Grm. Wasser oder 78,80 Proc. Kohlenstoff und 12,37 Proc. Wasserstoff.

Aus 0,266 Grm. erhielt ich 0,7663 Grm. Kohlensäure und 0,2945 Grm. Wasser. Diefs entspricht 78,66 Proc. Kohlenstoff und 12,30 Proc. Wasserstoff.

Die Zusammensetzung dieser Substanz ist daher folgende:

	I.	II.	III.	Berechnet.	
Kohlenstoff	78,99	78,80	78,66	78,69	35 C
Wasserstoff	12,51	12,37	12,30	12,33	66 H
Sauerstoff	8,50	8,83	9,04	8,98	3 O
	100	100	100	100.	

Die in dem absoluten Alkohol beim Erkalten gelöst bleibenden Stoffe wurden durch Abdestilliren und Abdampfen im Wasserbade zur Trockne gebracht, wobei ein, bei der dabei erhaltenen Temperatur flüssiges Harz zurückblieb, das an kochendes Wasser nur Spuren von darin löslichen Substanzen abgab. Das dadurch gereinigte Harz wurde durch gelinde Wärme von dem Wasser befreit. Es war kaum ein wenig gelblich gefärbt, liefs sich kneten, und selbst ohne Einflufs der Wärme der Finger in Fäden ziehen, welche sehr schönen Seidenglanz hatten. Wurde es aber durch anhaltendes Erhitzen bis etwas über 100° von allem Wasser und Alkohol befreit, so wurde es beim Erkalten bis 16° C. brüchig, liefs sich aber nicht fein pulvern und gab dem Druck des Fingers etwas nach. Es war durchsichtig, hellgelb gefärbt. Sein Schmelzpunkt konnte nicht bestimmt werden, weil es bei zunehmender Wärme sehr allmälig immer dünnflüssiger wurde. Bei 50° C. war es noch sehr dickflüssig.

Ich untersuchte diese Substanz auf die Weise, dafs ich die ganze Menge des erhaltenen Harzes immer nur mit so wenig Alkohol kochte, dafs sich von demselben etwa nur so viel auflöste, als zu einer Verbrennung nothwendig war. Die Rückstände, welche beim Abdampfen dieser verschiedenen Auflösungen erhalten wurden, wurden analysirt. Auf diese Weise hoffte ich nachzuweisen, dafs das Harz ein einfaches, nicht eine Mischung mehrerer sey. Die Untersuchung hat aber das entgegengesetzte Resultat gegeben. Nicht allein zeigte sich beim Abdampfen der Auflösungen, dafs die Rückstände sich in ihren physikalischen Eigenschaften verschieden ver-

hielten, indem die zuerst aufgelösten Portionen spröder und besser zu pulvern waren, als die späteren, sondern auch die Zusammensetzung derselben differirte in demselben Maafse.

Ich erhielt folgende Zahlen:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Kohlenstoff	82,24	81,34	81,33	81,97	80,94	79,34
Wasserstoff	11,53	11,24	11,14	11,34	11,13	10,71
Sauerstoff	6,23	7,42	7,53	6,69	7,93	9,95
	100	100	100	100	100	100.

Die Versuche, welche ich zur Scheidung der in dieser Substanz enthaltenen verschiedenen Harze angestellt habe, kann ich hier füglich übergehen, da ich durch Untersuchung der mit Spiritus versetzten Kuhbaummilch weiter unten nachweisen werde, dafs die verschiedenen Resultate dieser Analysen durch eine Veränderung des Harzes mittelst Einwirkung der Luft erklärt werden müssen. Es scheint eine einfache Oxydation eines Theils desselben stattgefunden zu haben; denn die obigen Analysen zeigen, dafs das Harz um so weniger Wasserstoff enthält, je weniger Kohlenstoff darin gefunden wurde. Das Verhältnifs beider verändert sich nur unbedeutend, und zwar nur in der Weise, dafs der Wasserstoff in etwas gröfserer Menge austritt. Diefs möchte vielleicht durch gleichzeitige Oxydation und Wasserabscheidung erklärt werden können.

Da das gleich anfangs durch kalten Alkohol aufgelöste Harz alle Eigenschaften mit diesem gemein hat, so schlofs ich daraus, dafs ich bei Untersuchung desselben mittelst der Elementaranalyse gleichfalls kein Resultat erwarten dürfte, weshalb ich diese Untersuchung, wie oben erwähnt, unterliefs.

Der auch im kochenden absoluten Alkohol nicht gelöste Rückstand war nur gering, braun und fast pulvrig. Kochendes Wasser zog daraus eine höchst unbedeutende

Menge eines bräunlichen Extracts aus. Der Rückstand enthielt Stickstoff, welcher durch die Lassaign e'sche Probe mittelst Natrium leicht nachgewiesen werden konnte. Rauchende Salzsäure löste ihn mit brauner Farbe auf, jedoch nur unvollständig. Dagegen löste er sich in kaustischem Kali ganz auf, und wurde durch Essigsäure wieder aus dieser Lösung gefällt. Die filtrirte Flüssigkeit gab aber mit Kaliumeisencyanür nur eine kaum bemerkbare Trübung. Aus diesen Eigenschaften folgt, dafs diese Substanz kein Kautschuk, sondern dafs es wahrscheinlich ein Zersetzungsproduct einer Proteinverbindung ist, was durch die Untersuchung der spirituösen Kuhbaummilch bestätigt werden wird.

2) Untersuchung der mit Spiritus versetzten Kuhbaummilch.

Beim Oeffnen der Flasche, welche sie enthielt, konnte ich kein Zeichen einer begonnenen Zersetzung, welche sich bei der unvermischten Milch so deutlich zeigte, beobachten. Es war keine Gasentwicklung und kein Geruch nach Buttersäure neben dem nach Spiritus bemerkbar; auch erhielt ich weder, als die Milch für sich, noch als sie mit Schwefelsäure destillirt wurde, ein nach Buttersäure riechendes Destillat.

Die Flüssigkeit wurde von den Harzkugeln abfiltrirt, was durch den darin enthaltenen Spiritus erleichtert wurde. Schon Dr. Karsten hatte gefunden, dafs dadurch die Harzkugeln mehr zusammenballen, wovon man sich leicht durch das Mikroskop überzeugen kann. Die Kügelchen kleben an einander, ohne jedoch in gröfsere zusammenzufliefsen. Der Rückstand auf dem Filtrum wurde mit Wasser ausgewaschen. Er konnte dann nur die harzigen Stoffe enthalten und das Fibrin, wenn, wie Boussingault und Rivero gefunden haben wollen, dieser Stoff darin enthalten wäre. Die Untersuchung dieses Rückstandes wird weiter unten beschrieben werden.

Die davon abfiltrirte klare Flüssigkeit wurde abgedampft, wobei sie sich trübte. Sobald der Geruch nach Spiritus nicht mehr zu bemerken war, wurde dieser nicht bedeutende Niederschlag, der kein eigentliches Coagulum bildete, abfiltrirt, mit Wasser ausgewaschen und getrocknet. Er bestand dann aus kleinen kantigen Stückchen, die dem Colophonium ähnlich, durchscheinend und von hellbräunlicher Farbe waren. Er löste sich weder in kochendem Alkohol oder Aether, noch in kochendem Wasser auf. Die Lassaigne'sche Stickstoffprobe zeigte einen bedeutenden Gehalt desselben an diesem Element an. Verdünnte Salpetersäure färbte diese Substanz gelb, ohne dabei ein Gas zu entwickeln. Kalihydrat löste sie ganz auf, und aus dieser Lösung wurde sie durch Essigsäure wieder niedergeschlagen, jedoch durch einen starken Ueberschufs, besonders in der Wärme, wieder aufgelöst. Die filtrirte Essigsäure enthaltende Flüssigkeit gab mit Kaliumeisencyanür eine geringe Trübung. Die Lösung in Kali wurde dagegen durch Phosphorsäure gar nicht gefällt, und diese Auflösung gab sowohl mit Gallustinktur als mit Kaliumeisencyanür starke weifsgelbliche Niederschläge.

Verdünnte Salzsäure löste diesen Stoff selbst im Kochen nicht auf. Dagegen wurde er durch rauchende Salzsäure, besonders in der Wärme, leicht aufgelöst. Die Flüssigkeit färbte sich dabei röthlichgelb, wurde aber nach mehrstündigem Stehen dunkelviolett, trübte sich durch Zusatz von Wasser; ein Ueberschufs desselben machte sie aber wieder klar und farblos. Diese mit Wasser verdünnte Lösung in rauchender Salzsäure gab mit Gallustinktur einen starken, mit Kaliumeisencyanür einen geringen Niederschlag. Ammoniak löste diese Substanz besonders in der Wärme auf, und eine Säure schlug sie daraus wieder nieder. Kohlensaures Natron dagegen löste nichts davon auf.

Aus den durch diese Versuche ausgemittelten Eigenschaften dieses Stoffs geht unzweifelhaft hervor, dafs er

Protein in seiner Zusammensetzung enthält und für Pflanzeneiweifs gehalten werden mufs.

Die Flüssigkeit, welche von dem Pflanzeneiweifs abfiltrirt worden war, wurde zur Extractconsistenz abgedampft und der Rückstand mehrfach mit Alkohol von 0,830 spec. Gewicht ausgekocht. Ein Theil desselben löste sich auf, ein anderer blieb ungelöst. Dieser wurde in Wasser aufgelöst, wobei einige Flocken zurückblieben, abfiltrirt und von Neuem zur Trockne abgedampft. Er bestand hauptsächlich aus Gummi, enthielt aber noch Phosphorsäure, Magnesia und höchst geringe Spuren von Kalkerde. Neutrales essigsaures Bleioxyd gab nur eine geringe Trübung mit der Auflösung, basisches essigsaures Bleioxyd dagegen einen starken Niederschlag, welcher aus der Verbindung von Gummi mit Bleioxyd bestand, und aufserdem phosphorsaures Bleioxyd enthielt.

Die spirituöse Auflösung, in welcher das Gummi sich nicht aufgelöst hatte, wurde zum Extract abgedampft und der Rückstand mehrfach mit absolutem Alkohol ausgezogen. Das Ungelöste wurde von der Auflösung geschieden, diese mit etwa einem halben Volum Aether versetzt, wodurch noch ein weifser Niederschlag entstand, der sich nach 12 Stunden als eine syrupähnliche Substanz am Boden ansammelte. Die ätherisch-alkoholische Auflösung enthielt nur noch geringe Mengen einer beim Abdampfen und Verkohlen nach verbranntem Zucker riechenden Substanz. Der Bodensatz wurde mehrmals mit ätherhaltigem absoluten Alkohol abgespült, zu dem nicht in absolutem Alkohol gelösten Theil hinzugethan, und durch Abdampfen im Wasserbade vom Aether und Alkohol befreit. Der Rückstand schmeckte süfs, aber zugleich etwas salzig. Mit Kalilösung gekocht, wurde er braun gefärbt. Mit Kalilösung und schwefelsaurem Kupferoxyd versetzt, entstand eine schön blaue Auflösung, die beim schwachen Erwärmen sehr bald braungelbes Kupferoxydul abschied. Aus diesen Eigenschaften geht

hervor, dafs der vorhandene Zucker nicht Rohrzucker war. Er konnte aber entweder Fruchtzucker oder Traubenzucker seyn. Diefs suchte ich durch den Polarisationsapparat nachzuweisen. Die geringe Quantität, welche nach den angeführten Versuchen von dem Zucker noch übrig war, konnte natürlich keine bedeutende Drehung der Polarisationsebene hervorbringen; doch war sie merklich, etwa $1\frac{1}{2}$ Grad, nach links. Der Zucker bestand also aus Fruchtzucker.

Da dieser nicht, so viel bis jetzt bekannt, aus Traubenzucker entsteht, so ist auch im frischen Safte diese Zuckerart nicht zugegen. Ob aber in der frischen Milch Frucht- oder Rohrzucker vorhanden ist, läfst sich nicht entscheiden. Denn da die Milch schwach sauer reagirte, so konnte sowohl der anfänglich vorhandene Rohrzucker durch die freie Säure in Fruchtzucker umgewandelt worden seyn, als auch dieser ursprünglich zugegen seyn.

Nach dem bisher Gesagten stehen uns nun alle Mittel zu Gebote, die Anwesenheit der Buttersäure in der Kuhbaummilch zu erklären. Da sie nur in der nicht mit Spiritus versetzten Milch gefunden werden konnte, so ist klar, dafs sie ein Zersetzungsproduct eines der in ihr vorhandenen Stoffe seyn mufs; denn wenn diefs nicht wäre, so hätte sie auch in der spirituösen Milch nachgewiesen werden müssen. Es ist aber durch Pelouze und Gélis [1]) erwiesen, dafs aus Zucker durch Gährung, bei Anwesenheit proteinhaltiger Stoffe, leicht diese Säure entstehen kann. Die Bedingungen zu ihrer Bildung sind also in unserem Falle gegeben, wie die Untersuchung zeigt. Es ist daher wohl nicht zu bezweifeln, dafs sie ihnen ihre Entstehung verdankt, wofür auch aufserdem noch spricht, dafs sie nur als freie Säure in der Milch gefunden wurde.

Bei der Untersuchung des harzigen Theils der spirituösen Kuhbaummilch konnte ich einen einfacheren

1) *Comptes rendus, XVI, No.* 23.

Gang einschlagen, als ich oben angegeben habe. Ich hatte mich nämlich dort überzeugt, dafs der eine Bestandtheil desselben durch Auflösen in kochendem absoluten Alkohol, Erkaltenlassen und mehrfach wiederholtes Auflösen des dabei niederfallenden Körpers in demselben Lösungsmittel rein erhalten werden könne, und dafs andererseits durch Auflösen in gewöhnlichem kochenden Alkohol und Erkalten der Flüssigkeit in derselben nichts von ihm in der Auflösung blieb, während ein zweiter Theil der harzigen Masse durch Abdampfen derselben daraus frei von jenem erhalten werden könne. Auf diese Weise schied ich also diesen Theil der Kuhbaummilch in drei Theile, wovon der erste in kochendem Alkohol löslich, in kaltem dagegen unlöslich, der zweite in kochendem und kaltem Alkohol löslich, der dritte in beiden unlöslich war.

Ersterer hatte ganz die Eigenschaften des aus der wäfsrigen Kuhbaummilch abgeschiedenen wachsartigen Körpers, so dafs ich hier darüber nichts hinzuzufügen habe, als die Elementaranalysen, durch welche ich seine Zusammensetzung zu ermitteln suchte. Wegen der Schwierigkeiten, welche sich, wie ich schon oben anführte, der Untersuchung dieses Stoffs entgegenstellten, habe ich ihn sehr oft mit der gröfsten Vorsicht analysirt. Der Kürze willen führe ich nur die Hauptresultate der verschiedenen Analysen an.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	Berechn.	
Kohlenstoff	78,56	78,53	78,72	78,63	78,50	78,45	78,58	78,69	35 C
Wasserstoff	12,33	12,39	12,58	12,50	12,41	12,42	12,41	12,33	66 H
Sauerstoff	9,11	9,08	8,70	8,87	9,09	9,13	9,01	8,98	3 O
	100	100	100	100	100	100	100	100.	

Dieser Körper ist daher nicht eine einfache Verbindung des Kohlenwasserstoffs, $C^5 H^8$, mit Sauerstoff oder Wasser. Er enthält Wasserstoff im Ueberschufs. Man kann ihn daher nicht füglich für ein Harz erklären, da die bisher genau untersuchten Harze sämmtlich entweder solche

Verbindungen jenes Kohlenwasserstoffs, oder wie die Pinin- und Sylvinsäure, oder die sehr sauerstoffreichen Harze des Guajacs, der Asa foetida, des Ammoniacum, des Galbanum, Opoponax u. s. w., ärmer an Wasserstoff sind. Dagegen nähert sich seine Zusammensetzung sehr der der Wachsarten; ja Levy [1]) führt die Analyse eines aus dem Bienenwachs abgeschiedenen, von ihm Cerolein genannten, übrigens von dem besprochenen in den Eigenschaften ganz verschiedenen Stoffs an, der genau dieselbe Zusammensetzung hat. Da nun aufserdem seine physikalischen Eigenschaften sowohl, wie sein Verhalten gegen die verschiedenen Lösungsmittel, denen des Bienenwachses ganz analog sind, so stehe ich nicht an, es für eine Wachsart zu erklären, obgleich der Begriff einer solchen ein bis jetzt nicht so scharf begränzter seyn mag, dafs man ihn als vollkommen wissenschaftlich gelten lassen dürfte.

Der Stoff dagegen, welcher sowohl in kochendem, als in kaltem Alkohol löslich war, zeigte nicht allein alle Eigenschaften eines Harzes, sondern auch seine Zusammensetzung spricht vollkommen für die Annahme, dafs er ein Harz sey. Seine Eigenschaften waren meist die, welche ich bei dem entsprechenden, aus der nicht mit Spiritus versetzten Kuhbaummilch abgeschiedenen Stoff angeführt habe. Nur war er spröder, so dafs er sich leicht zu Pulver reiben liefs. In Aether ist diefs Harz fast in jedem Verhältnifs sehr leicht löslich. Die alkoholische Lösung desselben reagirt nicht sauer (selbst nach dem Verdunsten des Alkohols röthet sich das Lackmuspapier nicht), und wird weder durch eine alkoholische Auflösung von essigsaurem Bleioxyd, noch von salpetersaurem Silberoxyd, noch von Kali gefällt. Wäfsriges Kali oder Ammoniak aber fällen daraus das Harz unverändert. Wird es nur mit so wenig Alkohol gekocht, dafs sich nicht alles darin lösen kann, so erhält man

1) *Comptes rendus*, *XX*, *p.* 36. 1845.

zwei Flüssigkeitsschichten, eine überstehende Auflösung von Harz in Alkohol, und eine am Boden befindliche Auflösung des Alkohols im Harze, die dickflüssig ist, und beim Erhitzen den Alkohol abgiebt. Es verhält sich daher ähnlich zum Alkohol, wie Aether zu Wasser.

Es ist mir nicht gelungen dieses Harz mit Kali zu verbinden, obgleich ich es sehr lange mit einer höchst concentrirten Kalilösung digerirt habe. Weder löste es sich, so behandelt, in kochendem Wasser, noch enthielt es einen bedeutenden Gehalt an feuerbeständigen Bestandtheilen.

Um mich zu überzeugen, ob dieses Harz rein, oder eine Mischung von zweien sey, befolgte ich dieselbe Methode, welche ich schon oben bei Untersuchung des entsprechenden Harzes aus der unvermischten Kuhbaummilch angewendet habe.

Die unter I bis VI angeführten Zahlen sind bei Untersuchung auf diese Weise hinter einander abgeschiedener Portionen des Harzes erhalten worden. Unter VII findet sich dagegen das Resultat der Analyse desjenigen Theils, welcher nach Auflösung der gröfsten Masse desselben zurückblieb.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	Berechn.	
Kohlenstoff	—	82,22	82,23	82,23	82,23	82,43	82,27	82,39	35 C
Wasserstoff	11,40	11,38	11,46	11,38	11,41	11,46	11,40	11,34	58 H
Stickstoff	—	6,40	6,31	6,39	6,36	6,11	6,33	6,27	2 O
		100	100	100	100	100	100	100.	

Man kann dieses Harz als aus 7 Atomen (C^5H^8), einem Atom Sauerstoff und einem Atom Wasser bestehend ansehen. Seine Formel würde dann seyn

$$7(C^5H^8)O+\dot{H}.$$

Auffallend ist, dafs das Harz und Wachs dieselbe Anzahl von Atomen Kohlenstoff enthalten. Deutet diefs etwa darauf hin, dafs beide trotz des Ueberschusses an Wasserstoff im Wachs dasselbe zusammengesetzte Radical

dical enthalten? Man müfste denn dieses für eine Wasserstoffverbindung desselben halten, und seine Formel würde dann seyn $7(C^8 H^8) + 2\overline{H} + 3\dot{\overline{H}}$. Man kann sich demnach das Harz durch Oxydation und gleichzeitige Wasserabscheidung aus dem Wachse entstanden denken.

Aus dieser Untersuchung der reinen und der mit Spiritus versetzten Kuhbaummilch ersieht man, wie wichtig es ist, wenn man Pflanzensäfte, die zu wissenschaftlichen Untersuchungen dienen sollen, versenden will, ihnen Alkohol zuzusetzen. Denn nicht allein die in Wasser löslichen Bestandtheile derselben, sondern selbst die Harze können leicht verändert werden, wenn diese Vorsicht versäumt wird, wie es die Vergleichung dieser Untersuchungen deutlich zeigt. Die Analyse der harzigen Stoffe aus der unvermischten Milch hat mir aufserordentlich viel Zeit gekostet, und hat dennoch nicht zu genügenden Resultaten geführt, während diefs bei Untersuchung der entsprechenden Stoffe aus der mit Spiritus versetzten Milch in sehr kurzer Zeit der Fall war.

Wenn auch die quantitative Analyse der Kuhbaummilch theils wegen der nicht vollkommenen Schärfe der Scheidungsmethode, theils wegen der Veränderung, welche die Stoffe schon theilweise erlitten hatten, nicht zu genauen Resultaten führen konnte, so hielt ich es doch für einigermafsen interessant, die quantitativen Verhältnisse, in welchen die darin gefundenen Stoffe die Milch des *Palo de Vaca* zusammensetzen, auch nur annähernd auszumitteln.

Ich kochte zu dem Zweck die zur Trockne abgedampfte Milch zuerst mit Wasser, ohne das dadurch Ausgezogene zu berücksichtigen, dann mit Alkohol aus. Der Rückstand auf dem Filtrum mufste aus Pflanzeneiweifs bestehen. Es wurde getrocknet und gewogen. Das Filtrat schied beim Erkalten das Wachs ab, welches filtrirt, mit Alkohol ausgewaschen, getrocknet und gewogen wurde. Die alkoholische Flüssigkeit wurde abge-

dampft, der Rückstand bei 100° getrocknet und gleichfalls gewogen. So erhielt ich die Quantität des Harzes. Eine andere Quantität des Extracts wurde verbrannt und die Asche gewogen. Gummi und Zucker bestimmte ich nicht weiter. Die Summe ihres Gewichts ist durch den Verlust gegeben.

So erhielt ich aus 1,0467 Grm. des Extracts

0,0105 Grm., d. h.	1,0	Proc.	Eiweifs
0,1413 - - -	13,5	-	Wachs
0,769 - - -	73,5	-	Harz

und aus 0,522 Grm.

0,0052 Grm., d. h.	1,0	Proc.	feuerbeständige Salze
der Verlust, - -	11,0	-	ist Gummi und Zucker.
	100.		

Die Kuhbaummilch selbst besteht also, da sie 42,7 Proc. fester Bestandtheile enthält, aus:

Wasser	57,3
Pflanzeneiweifs	0,4
Wachs $= C^{35} H^{66} O^{3}$	5,8
Harz $= C^{35} H^{58} O^{2}$	31,4
Gummi, Zucker	4,7
Feuerbeständige Salze	0,4
	100.

Aus der Asche der Kuhbaummilch zog Wasser Natron und Spuren von Kali, an Kohlensäure und Phosphorsäure gebunden, aus. Aus dem Rückstande lösten Säuren hauptsächlich Magnesia neben einer geringen Menge Kalkerde auf.

Die organische Säure zu bestimmen, deren Salze zu Bildung der in der Asche gefundenen kohlensauren Salze Veranlassung gegeben haben mufsten, ist mir wegen ihrer zu geringen Menge nicht geglückt.

Die Resultate dieser Untersuchung sind denen von Boussingault und Mariano de Rivero und v

Solly so ähnlich, dafs ich nicht anstehe, zu glauben, dafs die von ihnen und von mir untersuchte Milch von derselben Pflanzenspecies abstammte. Dagegen weichen sie so sehr ab von denen, welche Marchand erhalten hat, dafs wohl nicht gezweifelt werden darf, dafs dieser eine von einem anderen Baum gewonnene Pflanzenmilch untersucht hat.

Um den Grund der Verschiedenheit der Resultate dieser Forscher aufzufinden, suchte ich mir noch andere südamerikanische milchige Pflanzensäfte zu verschaffen, und ich hatte das Glück deren noch zwei einer Untersuchung unterwerfen zu können. Den einen erhielt ich durch die Güte des Hrn. Prof. G. Rose, welchem er durch Hrn. Wilhelm Degenhardt, der ihn aus Marmato in Columbien mitgebracht hatte, übergeben worden war. Dieser Saft besafs nicht mehr die flüssige Form, sondern war vor der Versendung an der Luft eingetrocknet worden.

Die Untersuchung dieser Substanz wies ihre vollkommene Uebereinstimmung mit der von Hrn. Karsten gesendeten Kuhbaummilch nach. Die physikalischen Eigenschaften derselben stimmten mit denen der vom Wasser befreiten Milch vollkommen überein, und auch ihre chemische Zusammensetzung wich nicht davon ab. Sie enthielt keinen Kautschuk, statt dessen aber eine geringe Menge eines stickstoffhaltigen Körpers, und das Harz konnte in einen in kaltem Alkohol unlöslichen und einen darin auflöslichen Theil geschieden werden. Diese stimmten vollkommen mit denen in ihren Eigenschaften überein, welche ich aus der nicht mit Spiritus versetzten Milch auf die oben angegebene Weise erhalten hatte. Den wachsähnlichen Stoff, dessen Schmelzpunkt 65° C. war, habe ich der Elementaranalyse unterworfen, und dadurch gleichfalls dieselben Resultate erhalten, wie oben.

0,2019 Grm. gaben 0,5802 Grm. Kohlensäure und 0,2278 Grm. Wasser. Diefs entspricht 78,47 Proc. Kohlenstoff und 12,54 Proc. Wasserstoff.

Aus 0,202 Grm. erhielt ich 0,5805 Grm. Kohlensäure und 0,229 Grm. Wasser, d. h. 78,47 Proc. Kohlenstoff und 12,60 Proc. Wasserstoff.

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	78,47	78,47	78,69	35 C
Wasserstoff	12,54	12,60	12,33	66 H
Sauerstoff	8,99	8,93	8,98	3 O
	100	100	100.	

Der zweite Pflanzensaft, welchen ich noch zu untersuchen Gelegenheit fand, war durch den Hrn. Robert Schomburgk aus Amerika mitgebracht, und dem Custos des Herbariums des hiesigen botanischen Gartens, Hrn. Dr. Klotzsch, übergeben worden, welcher mir denselben mit zuvorkommender Bereitwilligkeit zur Untersuchung überliefs. Diese Milch war, nach der Aussage des Hrn. R. Schomburgk, in der Gegend des oberen Corentyn, also an der Gränze des Brittischen und Niederländischen Guiana, gesammelt worden, und zwar nicht vom echten Kuhbaum, sondern von einer der *Taberna montana utilis*, welche er allgemein in Guiana gefunden hat und die gleichfalls einen Milchsaft liefert, sehr ähnlichen Pflanze.

Dieser Saft sowohl, wie der von *Taberna montana utilis* gesammelte, wird von den Eingeborenen zum Poliren des Hausgeräthes, namentlich aber zum Befestigen der Steinchen in ihrem Reibebrette benutzt. Genossen wird er von den Eingeborenen gar nicht, von den Colonisten, um der Curiosität willen, zuweilen.

Von diesem Safte stand mir leider nur eine geringe Quantität zu Gebote, so dafs ich mich nicht auf die in den früheren Untersuchungen angewendete Methode überzeugen konnte, ob die harzartigen Stoffe, welche ich der

Analyse unterwarf, vollkommen rein waren. Da aber, wie ich zeigen werde, die Analysen aller drei auf verschiedene Weise erhaltenen Harze ziemlich übereinstimmen, nur der Wasserstoff ein wenig schwankt, und zwar in der Weise, dafs mit seiner Vermehrung eine Verminderung des Kohlenstoffs verbunden ist, so scheint die Annahme, dafs nur zwei Harze in derselben vorhanden waren, die aus demselben Kohlenwasserstoff, verbunden einerseits mit Sauerstoff, andererseits mit Wasser, bestehen, ziemlich gerechtfertigt. Die weiter unten angeführten Analysen werden diefs noch deutlicher machen.

Diese Milch unterscheidet sich sehr von der vorhergehenden in ihren physikalischen Eigenschaften. Sie war viel dünnflüssiger, etwa wie gewöhnliche Kuhmilch, und enthielt ein Coagulum, welches sich als Kautschuk erwies, oder wenigstens als ein ihm in seinen Eigenschaften ganz ähnlicher Stoff. Denn es enthielt keinen Stickstoff, und wurde, nachdem es mit Alkohol ausgezogen war, zusammenhängend und elastisch. Beim Erhitzen roch es genau wie Kautschuk, und verbrannte wie dieses mit hell leuchtender rufsender Flamme. Die Kügelchen, welche die Milch bildet, sind von solcher Kleinheit, dafs man sie theils deswegen, theils wegen der dadurch bedingten Molecularbewegung nicht messen kann, was bei der Milch des Kuhbaums leicht auszuführen war. Durch Alkohol coagulirte die Milch vollkommen, so dafs sich ein fester Kuchen nach und nach absetzte, während die Kuhbaummilch dadurch kaum verändert wird. Die Flüssigkeit, welche von der mit wenig Alkohol versetzten Milch klar abfiltrirt wurde, trübte sich nicht durch Kochen. Ammoniak coagulirte sie nicht, obgleich durch die Untersuchung Kautschuk auch in dem noch flüssigen Theile der Milch nachgewiesen wurde; woraus hervorgeht, dafs die Eigenschaft, welche Boussingault und Mariano de Rivero allen Kautschuk enthaltenden Milchsäften zuschreiben, nämlich durch Am-

moniak coagulirt zu werden, in Wirklichkeit nicht allen zukommt.

Durch Filtriren der mit wenig Alkohol versetzten Milch und Auswaschen des Rückstandes wurde sie in zwei Theile geschieden. Die Auflösung enthielt noch etwas Zucker und sehr wenig Gummi, daneben aber auch einen extractiven Stoff, denn auch neutrales essigsaures Bleioxyd gab einen bräunlichen Niederschlag, doch weit geringer als das basische Bleisalz. Buttersäuregeruch konnte nirgends wahrgenommen werden.

Den harzigen Theil der Milch untersuchte ich, da ich wegen des Gehalts an Kautschuk vermuthete, hier eine Milch vor mir zu haben, die mit der von Marchand untersuchten, wenn nicht genau, so doch einigermafsen übereinstimmte, nach der von ihm angewendeten Methode.

Kalter absoluter Alkohol zog aus demselben ein weifses Harz aus, das mit Wasser mehrmals ausgekocht und getrocknet gelb wurde. Es schmolz erst etwa gegen 170°, blieb während des Erkaltens noch einige Zeit weich und wurde dann erst spröde. Der Schmelzpunkt konnte nicht genau bestimmt werden, da mir zu wenig von der Substanz zu Gebote stand.

Die analytische Untersuchung gab folgende Resultate:

Aus 0,2079 Grm. desselben erhielt ich 0,6208 Grm. Kohlensäure und 0,2085 Grm. Wasser. Diefs entspricht 81,53 Proc. Kohlenstoff und 11,14 Proc. Wasserstoff.

0,211 Grm. gaben 0,6292 Grm. Kohlensäure und 0,2113 Grm. Wasser, d. h. 81,42 Proc. Kohlenstoff und 11,13 Proc. Wasserstoff.

Die Zusammensetzung dieses Harzes ist also:

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	81,53	81,42	81,85	15 C
Wasserstoff	11,14	11,13	10,88	24 H
Sauerstoff	7,33	7,45	7,27	1 O.

Aus dem von kaltem absoluten Alkohol nicht aufgenommenen löste kochender Spiritus von 0,875 spec. Gewicht eine geringe Menge eines Stoffs auf, der zum Theil beim Erkalten desselben sich wieder abschied. Nachdem es mit Wasser ausgekocht und getrocknet war, stellte es ein weifses, um 170° herum schmelzendes, beim Erkalten bis 160° schon sprödes Harz dar. Ich erhielt von demselben nur gerade hinreichend, um eine Elementaranalyse damit austellen zu können.

0,1634 Grm. desselben gaben 0,4886 Grm. Kohlensäure und 0,161 Grm. Wasser. Diefs entspricht 81,65 Proc. Kohlenstoff und 10,95 Proc. Wasserstoff.

Die Zusammensetzung dieses Harzes ist also:

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	81,65	81,85	15 C
Wasserstoff	10,95	10,88	24 H
Sauerstoff	7,40	7,27	1 O
	100	100.	

Dieses Resultat der Analyse zeigt, dafs dieser Körper mit dem vorigen identisch ist, nur mit dem Unterschiede, dafs er reiner von einem wasserstoffreicheren Harze ist als jener.

Der Rückstand, welcher durch die beiden so eben angeführten Operationen von vielem Harz befreit worden war, hatte schon die physikalischen Eigenschaften des Kautschuks, indem er eine zusammenhängende weifslichgraue Masse bildete, die sich dehnen liefs, und sich, wenn die Kraft nachliefs, wieder zusammenzog. Ich kochte es jedoch noch mit absolutem Alkohol aus, der eine nicht sehr bedeutende Menge eines zwischen 140° und 150° schmelzenden, aber schon bei 60° weich werdenden, beim Erkalten des absoluten Alkohols sich zum gröfsten Theil wieder niederschlagenden Harzes auflöste.

Auch von diesem Stoff konnte ich nur eine Analyse machen.

0,1854 Grm. desselben gaben 0,5515 Grm. Kohlensäure und 0,192 Grm. Wasser, d. h. 81,22 Proc. Kohlenstoff und 11,51 Proc. Wasserstoff.

Die Zusammensetzung dieses Harzes ist also:

	Gefunden.	Berechnet.	
Kohlenstoff	81,22	81,12	15 C
Wasserstoff	11,51	11,68	26 H
Sauerstoff	7,27	7,20	1 O
	100	100.	

Der etwas zu geringe Gehalt an Wasserstoff möchte wohl durch eine unbedeutende Beimengung des zuerst angeführten, an Wasserstoff ärmeren Harzes erklärt werden können. Andererseits ist es nicht zu bezweifeln, dafs das durch kalten absoluten Alkohol aufgelöste Harz noch geringe Mengen von dem so eben angeführten enthalten mufste, da es in demselben nicht unlöslich ist. Daher sein etwas zu grofser Gehalt an Wasserstoff und seine Eigenschaft, nicht schon bei 160°, wie das in kochendem verdünnten Alkohol gelöste, spröde und zerreibbar zu seyn, welches beides durch eine Beimischung dieses Harzes hervorgebracht werden müfste.

Der jetzt noch zurückbleibende Körper war mit den Eigenschaften des Kautschuk begabt. Er war in der Wärme sehr vollkommen elastisch, in der Kälte dagegen rifs er doch leichter in Stücke, als gewöhnliches Kautschuk. Er enthielt keinen Stickstoff, roch beim Erhitzen auf Platinblech genau wie Kautschuk, und verbrannte, wie dieses, mit rufsender, hell leuchtender Flamme. In kochendem Aether löste es sich zu einer trüben Flüssigkeit auf, welche trübe durch's Filtrum lief, und beim Verdunsten diesen Stoff wieder unverändert zurückliefs. Er gab, nachdem er bei 110° anhaltend getrocknet worden war, bis er nicht mehr an Gewicht abnahm, folgende Resultate:

0,2036 Grm. gaben 0,6187 Grm. Kohlensäure und

0,2138 Grm. Wasser, d. h. 82,97 Proc. Kohlenstoff und 11,67 Proc. Wasserstoff.

Aus 0,1878 Grm. erhielt ich 0,569 Grm. Kohlensäure und 0,1978 Grm. Wasser. Diefs entspricht 82,73 Proc. Kohlenstoff und 11,70 Proc. Wasserstoff.

Seine Zusammensetzung ist also:

	I.	II.	Berechnet.	
Kohlenstoff	82,97	82,73	82,80	20 C
Wasserstoff	11,67	11,70	11,69	34 H
Sauerstoff	5,36	5,57	5,51	1 O
	100	100	100.	

Der wäfsrige Auszug der Asche dieser Pflanzenmilch enthielt Natron nebst wenig Kali an Schwefelsäure, Salzsäure und nur Spuren von Phosphorsäure gebunden. In dem in Wasser nicht löslichen Rückstande konnte ich nur Magnesia, neben kaum erkennbaren Spuren von Kalkerde entdecken.

Man ersieht aus dieser Untersuchung, dafs sowohl das Kautschuk, als die Harze, welche diese Pflanzenmilch enthält, Verbindungen des Kohlenwasserstoffs, C^5H^8, mit Sauerstoff und Wasser sind, gerade wie es Marchand in der von ihm untersuchten Milch nachgewiesen hat. Dennoch weicht die Zusammensetzung derselben, so wie ihre übrigen Eigenschaften, besonders der Schmelzpunkt der Harze, von den von Marchand gefundenen so sehr ab, dafs es wohl keinem Zweifel unterliegt, dafs auch diese beiden Pflanzensäfte von verschiedenen Pflanzen herzuleiten sind. Zur Vergleichung stelle ich die Hauptresultate meiner Arbeit und der von Marchand noch einmal kurz zusammen:

Die von mir untersuchte Milch enthielt:

1) Wasser.
2) Zucker.
3) Gummi.
4) Natron, Magnesia nebst Spuren von Kali u. Kalk, an Salzsäure, Schwefelsäure und Spuren von Phosphorsäure gebunden.
5) Bei etwa 170° schmelzendes Harz von der Zusammensetzung $C^{15}H^{24}O$.
6) Zwischen 140° u. 150° schmelzendes Harz, bestehend aus $C^{15}H^{26}O$.
7) Kautschukähnlich. Stoff, dessen Formel ist $C^{20}H^{34}O$.

Die von Marchand untersuchte Milch enthielt:

1) Wasser.
2) Gährungsfähigen Zucker.
3) Kalkerde, Magnesia, gebunden an Phosphorsäure, Essigsäure (Spuren) und Buttersäure (?).
4) Bei 100° schmelzendes Harz, bestehend aus $C^{10}H^{16}O$.
5) Bei 108° schmelzendes Harz, von der Zusammensetzung $C^{20}H^{32}O$.
6) Bei mehr als 110° schmelzendes Harz mit der Zusammensetzung $C^{50}H^{82}O$.
7) Kautschukähnlich. Stoff mit der Formel $C^{40}H^{66}O^{3}$.

Merkwürdig ist, und vielleicht nicht zufällig, dafs, wenn auch die Zusammensetzung des von Marchand und des von mir untersuchten kautschukähnlichen Stoffs differirt, dennoch derselbe Kohlenwasserstoff ihnen zum Grunde zu liegen scheint. Marchand fand seine Zusammensetzung gleich $8(C^5H^8)O^2+\dot{H}$; den von mir untersuchten kann man sich vorstellen, als bestehend aus $4(C^5H^8)+\dot{H}$, oder wenn man die Formel verdoppelt $8(C^5H^8)+2\dot{H}$. Man kann daher den Kohlenwasserstoff, $8(C^5H^8)$, als das organische Radical beider Verbindungen ansehen, welches in dem einen Falle mit zwei Atomen Sauerstoff und einem Atom Wasser, im anderen mit zwei Atomen Wasser verbunden ist; oder man kann auch als zusammengesetztes Radical beider den Kohlenwasserstoff, $4(C^5H^8)$, betrachten, wonach dann

die von mir analysirte Substanz einfach eine Verbindung dieses Radicals mit einem Atom Wasser, die von Marchand untersuchte eine Verbindung dieses Hydrats mit der Oxydationsstufe desselben Radicals wäre, welche auf ein Atom von diesem zwei Atome Sauerstoff enthielte. Die beiden Formeln wären dann $4(C^5H^8) + \dot{H}$ und $4(C^5H^8)\dot{H} + 4(C^5H^8)O^2$. Hiedurch scheint die Ansicht von Marchand, welche er auf Seite 53 seiner schon citirten Abhandlung über die Milch des Kuhbaums ausspricht, dafs nämlich das Kautschuk, wie es in den Milchsäften vorkommt, die Fähigkeit besitze, sich sowohl mit Wasser als mit Sauerstoff zu verbinden, und auf diese Weise eine Verbindung zu erzeugen, welche in ihren Eigenschaften an ihren Ursprung erinnert, bestätigt zu werden. Aus der von mir untersuchten Substanz kann man sich durch Oxydation und gleichzeitige Wasserabscheidung die von Marchand untersuchte entstanden denken, so wie beide hinwiederum in einem Falle durch Aufnahme von Wasser, im anderen durch gleichzeitige Aufnahme von Sauerstoff und Wasser aus der von Faraday analysirten entstanden gedacht werden können, wenn, wie Marchand meint, seine Zusammensetzung wirklich nicht die von Jenem angegebene, nämlich C^4H^7, sondern C^5H^8 ist.

VIII. *Betrachtungen über die Natur des aus der Wechselwirkung von schwefliger Säure und Untersalpetersäure hervorgehenden Products, nebst experimentellem Beweis von dem Nichtdaseyn dieser letzten Säure in den Krystallen, die sich bei der Fabrication der Schwefelsäure bilden; von Dr. Koene,*

Professor der Chemie in Brüssel.

Die Beobachtungen der HH. Gay-Lussac [1]), Bussy [2]), Gaultier de Claubry [3]) und W. Henry [4]) haben uns gelehrt, dafs die Krystalle, welche sich bei der Fabrication der Schwefelsäure bilden, eine höhere Oxydationsstufe des Stickstoffs enthalten als das Stickstoffoxyd. Nach Hrn. Gay-Lussac ist die Verbindung, welche sich mit der Schwefelsäure zur Bildung dieser Krystalle vereint, dieselbe, welche durch Wirkung der Wärme aus dem salpetersauren Bleioxyd erhalten wird. Nach den drei andern Chemikern bestehen diese Krystalle aus Schwefelsäure, salpetriger Säure und Wasser.

»Bei der Bildung dieser krystallinischen Verbindung,« sagt Hr. Gaultier de Claubry, »zerlegt die schweflige Säure einen Theil der Untersalpetersäure vollständig unter *Entwicklung von Stickgas*, und verwandelt sich in Schwefelsäure, die sich mit der salpetrigen Säure und einer Portion Wasser zur Bildung von $\dddot{S}^5 \dddot{\bar{N}}^2 \bar{H}$ vereint. Nach dem Dr. W. Henry hat diese Verbindung zur Formel $\dddot{S}^5 \dddot{\bar{N}} \bar{H}^5$.

1) *Ann. de chim. et de phys. T. I*, *p.* 407.

2) *Journ. de pharmacie*, *T. XIII*, *p.* 113.

3) *Ann. de chim. et de phys. T. XLV*, *p.* 284.

4) *Ann. of Philosoph. Mai* 1826. (Ann. Bd. VII, S. 135.)

Wenn man die Betrachtungen, in welche Hr. De la Provostaye [1]) eingegangen ist, beachtet hätte, so würde die Unsicherheit der aus den Analysen dieser Chemiker abgeleiteten Zusammensetzung der Krystalle noch gewachsen seyn in Folge der neueren Fortschritte der Wissenschaft. Bis dahin, sagt der französische Chemiker, hatte man die Verbindung der schwefligen Säure mit der Untersalpetersäure noch nicht darstellen gekonnt; wenn man aber von Hrn. Dumas's Hypothese über die Natur dieser Sauerstoffsäure des Stickstoffs ausgeht, und die Constitution der Verbindungen (SO_2+O), (SO_2+Cl_2), (SO_2+Jo_2), $(SO_2+N_2O_2)$ erwägt, so gelangt man dahin, das Daseyn der Verbindung $SO_2+N_2O_4$ anzunehmen.

Um zu beweisen, dafs es eine solche Verbindung gebe, schlofs Hr. De la Provostaye schweflige Säure und Untersalpetersäure in eine Röhre ein, die von einem Kältegemisch umgeben war. *Mehrmals zerplatzte die Röhre mit Explosion.* Wenn dieser Unfall nicht eintrat, fand sich nach Verlauf von drei Tagen eine krystallinische Masse in einer Flüssigkeit von bläulicher Farbe. Beim Oeffnen der Röhre fand immer eine kleine Explosion statt, und der flüssige Theil verschwand nach kurzer Zeit, mit Hinterlassung einer krystallinischen Substanz, die beinahe dieselben Eigenschaften hatte, wie das angebliche schwefelsaure Stickstoffoxyd.

Nach Hrn. De la Provostaye ist diese Verbindung zusammengesetzt nach der Formel:

$$\{(SO_2+O)+(SO_2+N_2O_4)\}$$

und die Reaction, durch welche sie entsteht, ist:

$$2N_2O_4+2SO_2=\left\{\begin{matrix}SO_2+O \\ SO_2+N_2O_4\end{matrix}\right\}+N_2O_3.$$

Was die Verpuffung betrifft, so schreibt sie derselbe Chemiker der salpetrigen Säure zu, welche in ganz un-

1) *Ann. de chim. et de phys. T. LXXIII, p.* 362.

gebundenem Zustande oft das Zerspringen einer Röhre bewirkt.

Es ist leicht, alleinig durch Vernunftschlüsse zu zeigen, daſs der Vorgang kein solcher seyn kann. In der That muſs ein Gas, damit es eine Explosion bedinge, eine beträchtliche Spannung besitzen, eine den Druck der Atmosphäre mehrmals übersteigende, ehe es das Zerspringen einer Röhre mit dicken Wänden veranlassen kann. Nun aber ist die salpetrige Säure ein in niedriger Temperatur und unter gewöhnlichem Luftdruck verdichtbares Gas, folglich kann dieselbe eine dicke Röhre, die von einem Kältegemisch umgeben ist, nicht zum Platzen bringen.

Es giebt eine andere Ursache, durch welche eine Erscheinung bewirkt wird, welche diejenigen Körper, die wir häufig *Dampf* nennen, unter den gewöhnlichen Umständen nicht hervorbringen können. Diese Ursache ist die vollständige Desoxydation eines Theils der Untersalpetersäure, und die daraus entstehende Bildung von Stickgas. Dieses Metalloïd, welches die schweflige Säure bei der Reinigung der Schwefelsäure nach Hrn. Jacquelin's Verfahren [1]) frei macht, welches Hr, Gaultier de Claubry beständig bei der Bildung der Krystalle beobachtet hat, dieses konnte als permanentes Gas die Explosion bewirken, und die Schwefelsäure, die aus der theilweisen oder gänzlichen Desoxydation des kräftigsten Oxydationsmittels der verschiedenen Oxydationsstufen des Stickstoffs entspringt, konnte, statt sich mit $\ddddot{\text{N}}$ zu vereinen, eine Verbindung mit $\dddot{\text{N}}$ eingehen, und $\dddot{\text{N}}\dddot{\text{S}}^2$ bilden; denn, wenn eine solche Verbindung nicht existirte: wie lieſse sich die Wirkung erklären, welche salpetrige Säure auf die Schwefelsäure ausübt. Wird man jemals mit Hrn. De la Provostaye annehmen, $\dddot{\text{N}}$ desoxydire $\dddot{\text{S}}$ zur Bildung von:

1) *Journ. de pharmacie*, *T. I*, *p.* 537.

$$\dddot{\bar{N}}+2\dddot{S}=\{(SO_2+O)+(SO_2+\dot{\bar{N}}O_4)\}$$

angenommen auch $\ddot{S}$ könne $\dddot{\bar{N}}$ desoxydiren?

Es giebt in Wahrheit einen Umstand, der nicht zu vernachlässigen ist, wenn es sich um das Oxydations- und Desoxydationsvermögen der in Rede stehenden Körper handelt.

Bekanntlich hat die schweflige Säure, in Abwesenheit von Wasser oder Schwefelsäure, nur unter speciellen Umständen eine merkliche Wirkung auf die salpetrige Säure und Untersalpetersäure, während sich in Gegenwart des einen oder andern jener Körper, oder beider zugleich, augenblicklich eine Reaction einstellt. Es sind auch diese Phänomene, welche zur Entstehung der neuen Theorien, deren Urheber Hr. De la Provostaye ist, beigetragen haben, so wie zur Erklärung der Bildung der Krystalle in den Bleikammern, Krystalle, die nach dem genannten Chemiker auf eine analoge Weise zusammengesetzt seyn würden, wie die in Rede stehende krystallinische Verbindung.

Obgleich demnach die Erklärungen des französischen Chemikers von der Bildung des krystallinischen Körpers, der aus der Wechselwirkung von Untersalpetersäure und schwefliger Säure, oder von salpetriger Säure und Schwefelsäure entsteht, viel zu wünschen übrig lassen, obgleich die Theorie desselben Gelehrten von der Bildung der Schwefelsäure in den Bleikammern uns weder vollständiger, noch richtiger als die von den HH. Gay-Lussac und Gaultier de Claubry zu seyn scheint, so bleibt uns doch noch zu zeigen, dafs in dem Product aus der Reaction der schwefligen Säure und Untersalpetersäure diese letztere Säure nicht fertig gebildet enthalten sey.

Um zu prüfen und zu controliren, in wie weit die Folgerungen, welche wir aus unseren Betrachtungen über die Natur der Untersalpetersäure gezogen haben [1]), so

1) S. diese Annalen, Bd. 64, S. 423.

wie die, welche in gegenwärtiger Notiz niedergelegt wurden, richtig seyen, haben wir den folgenden Versuch angestellt.

In eine Woulff'sche Flasche, umgeben von Eis und enthaltend einige Tropfen Wasser, liefs man zugleich schweflige Säure und Untersalpetersäure eintreten. Einige Minuten hernach nahm man die Röhre, welche die rothen Dämpfe hinführte, fort, und vertrieb den Ueberschufs der Untersalpetersäure durch einen Strom von schwefliger Säure. Nachdem auch diese letzte Säure durch trockne Kohlensäure ausgetrieben worden, löste man die gebildeten Krystalle in reiner und concentrirter Schwefelsäure. Dann liefs man Chlorwasserstoffgas in eine Flasche treten, welche diese saure Lösung enthielt und verbunden war mit einem Liebig'schen Condensator, worin sich eine wäfsrige Lösung von schwefelsaurem Kali befand.

Das Chlorwasserstoffgas, in der Lösung anlangend, übte daselbst keine Wirkung aus, entwickelte kein Chlor, ertheilte der Lösung des schwefelsauren Kalis keinen Geruch, aus dem Grunde: *weil die Krystalle keine Untersalpetersäure enthielten, so wenig wie diefs mit denen aus den Bleikammern der Fall ist* [1]).

Was die Zusammensetzung dieser Krystalle betrifft, so kann man sie durch die Formel

$$\{(\dddot{S}+\ddddot{\bar{N}})+(\dddot{S}+\dot{\bar{H}})\}$$

ausdrücken, wenn man auf die Resultate der von den HH. Gaultier de Claubry, W. Henry und De la Provostaye angestellten Analysen Rücksicht nimmt.

1) Siehe §§. 10, 11 und 12 derselben Abhandlung. A. a. O. S. 426.

IX. *Betrachtungen über die Theorie des Hrn. Péligot und die des Hrn. Baudrimont über die Fabrication der Schwefelsäure; vom Dr. Koene.*

In den *Comptes-rendus* der Pariser Academie der Wissenschaften, *T. XIX*, *No.* 9, findet sich eine Abhandlung des Hrn. E. Péligot, die zu beweisen bezweckt:

1) Dafs bei der Fabrication der Schwefelsäure die schweflige Säure *unaufhörlich* und *ausschliefslich* auf die Salpetersäure wirke, unter Bildung von Schwefelsäure und Untersalpetersäure.

2) Dafs die Bildung der Schwefelsäure ganz unabhängig sey von dem Daseyn der Krystalle in den Bleikammern.

Diese Arbeit hat einen Prioritätsstreit veranlafst zwischen dem oben genannten Chemiker und Hrn. Baudrimont, welcher auch annimmt, dafs die wasserhaltige Salpetersäure (*azotate hydrique*) ganz unumgänglich sey zur Bildung der Schwefelsäure.

Diese beiden Chemiker sind also darin einig, dafs die schweflige Säure die Salpetersäure nur auf Untersalpetersäure reducire.

Allein aus meinen Untersuchungen über Natur der in den Bleikammern sich bildenden Krystalle geht hervor, dafs die schweflige Säure die Untersalpetersäure zu salpetriger Säure reducirt. Diefs Resultat, welches uns bewogen hat, die Theorie des Hrn. De la Provostaye als unrichtig zu betrachten, veranlafst uns auch zu zeigen, dafs die von Hrn. Péligot falsch ist.

Mit den Anhängern der Theorie des Hrn. Gaultier de Claubry nimmt Hr. Baudrimont an, dafs die Krystalle oder wenigstens eine ihnen analoge Verbindung unumgänglich sey zur Entstehung der Schwefelsäure. Allein selbst diese Theorie entspricht nicht den

Thatsachen; denn, wie Hr. Péligot nachgewiesen hat, kann die schweflige Säure, in Gegenwart einer beträchtlichen Menge Wassers, die Salpetersäure desoxydiren. Diefs beweist, dafs die Verbindung $(\dddot{S}\ddddot{\bar{N}} + \dddot{S}\dot{\bar{H}})$ nicht, wie man bisher angenommen hat, unumgänglich nöthig ist zur Bildung der Schwefelsäure.

Die schweflige Säure reagirt unter diesen Umständen desoxydirend, ganz wie die Chlorwasserstoffsäure, mit der sie in Bezug auf die Salpetersäure dasselbe Vermögen und fast in demselben Grade theilt. So lange die letztere nicht zu verdünnt ist, verwandeln die beiden ersten sie in salpetrige Säure, die in Stickstoffoxyd und Salpetersäure zerfällt, wenn das Wasser in hinreichender Menge da ist. Allein bei der Fabrikation der Schwefelsäure ist die Wassermenge selten grofs genug, dafs diese Umwandlung vor sich gehen könnte; denn es liegt nicht im Interesse des Fabrikanten einen der Bildner seines Products aufser Wirkung zu setzen oder auch mehr Wasser in seine Bleikammer einzuführen, als es zur Bildung der Säure bedarf. Eben so wenig ist nothwendig, dafs er zu Anfange der Operation verdünnte Säure in seinen grofsen Behälter bringe. Es genügt, dafs sich daselbst Wasserdampf in solcher Menge befinde, dafs die Bildung sowohl von Krystallen als von Stickstoffoxyd verhindert sey. Alsdann geschieht die Reaction regelmäfsig, alsdann enthält das Product nur Spuren von Salpetersäure; allein alsdann erfolgt auch die Reaction zwischen schwefliger Säure, Salpeter- und Untersalpetersäure; denn die im Contact mit schwefliger Säure entstehende Untersalpetersäure, statt sich zu oxydiren und in eine wasserhaltige Säure zu verwandeln, bildet unter diesen Umständen einerseits salpetrige Säure und andererseits Schwefelsäure, wie es durch meine Versuche nachgewiesen ist.

In einer in Thätigkeit stehenden Bleikammer führt also die schweflige Säure die Salpetersäure auf salpetrige Säure zurück, ohne dafs sich Krystalle bilden; da

die Wassermenge zu grofs ist, als dafs die Verbindung ($\dddot{S}\dddot{\bar{N}}+\dddot{S}\dot{\bar{H}}$) entstehen könnte, und zu klein, als dafs die salpetrige Säure in Stickstoffoxyd und Salpetersäure zu zerfallen vermöchte.

Wenn der letztere Fall eintritt — was unter Umständen, die nur für zufällig zu halten sind, bisweilen geschieht, — so ist das Product verunreinigt mit mehr oder weniger grofsen Mengen Salpetersäure, von welcher man es durch Hineinleitung von schwefliger Säure befreit. Diese Operation kann nicht fehlschlagen, weil eine solche Säure mehrentheils hinreichend Wasser enthält, dafs die salpetrige Säure zerfallen kann, in Stickstoffoxyd, welches entweicht, und in Salpetersäure, die ihrerseits durch den Einflufs des oxydirenden Mittels wieder zerstört wird.

Im entgegengesetzten Fall, da alsdann die Schwefelsäure zu concentrirt ist, erleidet die salpetrige Säure keine Zersetzung mehr von Seiten der schwefligen Säure; Auch kann man, mittelst dieser Säure, die käufliche Schwefelsäure bei gewöhnlicher Temperatur nicht von Salpetersäure befreien, wohl aber von salpetriger Säure. Die erste dieser Säuren zerfällt bei der Concentration in Sauerstoff und salpetrige Säure, wie ich gezeigt habe, indem ich Chlorwasserstoffgas auf Schwefelsäure-Monohydrat wirken liefs, das zur Concentration von käuflicher Salpetersäure gedient hatte. Es entwickelte sich kein Chlor, und daraus folgt, der Meinung des Hrn. Péligot zuwider, dafs die concentrirte Schwefelsäure weder Salpetersäure noch Untersalpetersäure enthält. Es kann sich auch kein Stickstoffoxyd darin befinden, denn dasselbe ist in dieser Säure nicht merklich löslich; allein sie kann salpetrige Säure enthalten, deren Gegenwart leicht erwiesen werden kann, einerseits mittelst Chlorwasserstoffsäure, und andererseits mittelst schwefelsauren Eisenoxyduls und metallischen Kupfers.

X. *Beiträge zur Kenntnifs norwegischer Mineralien; von Th. Scheerer in Christiania.*

Obgleich norwegische Mineralien sich gewifs in den meisten oryktognostischen Sammlungen befinden, und obgleich reisende Mineralogen in Norwegen jetzt nicht mehr zu so abnormen Erscheinungen gehören, wie vor wenigen Decennien, so ist unsere Kenntnifs der oryktognostischen Schätze dieses Landes dennoch mit nicht wenigen Lücken behaftet. Diesem Mangel nach Kräften abzuhelfen, ist bereits seit einer Reihe von Jahren mein Bestreben gewesen, und in dem vorliegenden Aufsatze habe ich einen Theil meiner in dieser Hinsicht gesammelten Erfahrungen zusammengestellt, mit Ausnahme derjenigen, über welche ich schon früher Gelegenheit hatte, in diesen Annalen Mittheilungen zu machen, und mit Ausnahme aller Beobachtungen über Feldspäthe, hornblendartige und augitische Mineralien, welche mich noch längere Zeit beschäftigen werden. Wie wenig bedeutend auch mehrere dieser Beiträge zu nennen sind, dürften dieselben doch, wenigstens als Fingerzeige für spätere Forscher, nicht ganz ohne Werth seyn. — Ich schuldige ferner zu bevorworten, dafs ich einen Theil der folgenden Beobachtungen bereits vor einiger Zeit in dem *Magazin for Naturvidenskaberne* veröffentlicht habe, und dafs mehrere der angeführten Mineralanalysen von den Bergstudirenden, in dem metallurgischen Laboratorium hiesiger Universität, unter meiner Leitung angestellt worden sind. Die Namen dieser Herren habe ich an den betreffenden Stellen genannt.

Anatas. 1) Von Slidre in Valders, Christiania-Stift. Die ausgezeichneten Anataskrystalle, welche hier früher gefunden worden sind (die Fundstätte soll jetzt gänz-

lich ausgebeutet seyn), kamen nicht, wie in mehreren mineralogischen Werken angeführt wird, als lose Individuen vor, sondern dieselben waren in losen Thonschieferblöcken eingewachsen, oder vielmehr in zum Theil drusig auskrystallisirten Quarzschnüren, welche in letzteren aufsetzten. Einige dieser Krystalle sollen eine Länge von fast $1\frac{1}{2}$ Zoll erreicht haben. In der Mineraliensammlung hiesiger Universität befindet sich ein Krystall von dieser Fundstätte, welcher $\frac{5}{8}$ Zoll lang und fast $\frac{1}{8}$ Zoll breit und dick ist. Ein ähnlicher Krystall ist in der Sammlung des Universitäts-Docenten Herrn Esmark. Aufser durch ihre Gröfse sind mehrere dieser Krystalle durch eine mehr oder weniger dunkle, rein smalteblaue Farbe ausgezeichnet; seltener haben sie eine lichtblaue Farbe, die dann gewöhnlich mit einem Grade der Pellucidität verbunden ist, wie er nur selten beim Anatase angetroffen wird. Ihre Form ist die gewöhnliche, nämlich *P* mit oder ohne basische Endfläche. Leider konnte ich das spec. Gewicht dieser Krystalle nicht bestimmen, da alle mehr oder weniger mit Quarz verwachsen sind. 2) Von Glukken in Merager, Drontheim-Stift. Diese Anataskrystalle kommen auf ganz ähnliche Weise wie die eben erwähnten vor, nur mit dem Unterschiede, dafs der in diesen Quarzschiefer übergehende Thonschiefer ein anstehender ist.

Bergmannit (Spreustein) findet sich an nicht wenigen Stellen als einer der vielen accessorischen Gemengtheile des Zirkonsyenits, besonders auf den Inseln des Langesund-Fjord bei Brevig und in der Umgegend von Laurvig und Fredriksvärn. Die äufseren Charaktere dieses Minerals sind bekannt; nur dürfte es vielleicht weniger bekannt seyn, dafs besonders zwei durch ihre Farbe verschiedenen Arten desselben vorkommen, nämlich eine weifse und eine fleischrothe, mitunter auch bräunliche. Beide sind jedoch nur dadurch von einander verschieden, dafs die gefärbte Varietät eine geringe Menge amor-

phes Eisenoxyd interponirt enthält, wovon man sich leicht durch das Mikroskop überzeugt. Ueber die chemische Constitution des Bergmannits ist man inzwischen bisher, aus Mangel an Analysen, in Ungewifsheit gewesen. Werner und Phillips betrachteten ihn als eine eigene Mineralspeciès, welche von Ersterem Spreustein (wegen der zum Theil verworren strahligen Textur), und von Letzterem Bergmannit (Torbern Bergmann zu Ehren) genannt wurde. Hausmann und v. Leonhardt führten denselben als fasrigen Wernerit (Skapolith) auf, und Glocker hat ihn, in seinem Grundrifs der Mineralogie, ebenfalls zum Skapolith gerechnet. Da mir, bei genauerer Untersuchung, die äufseren Eigenschaften des Bergmannits nicht dafür zu sprechen schienen, dafs dieses Mineral als eine Abart des Skapolith zu betrachten sey, so unterwarf ich sowohl die weifse als die fleischrothe Art desselben einer analytischen Untersuchung, deren Resultat folgendermafsen ausfiel:

	Fleischrother B.	Weifser B.
Kieselerde	47,97	48,12
Thonerde	26,66	26,96
Eisenoxyd	0,73	0,22
Kalkerde	0,68	0,69
Natron	14,07	14,23
Kali	Spur	Spur
Wasser	9,77	10,48
	99,88	100,70.

Hiernach ist also der Bergmannit ein ganz normaler *Natron-Mesotyp*, gleich dem von Högau, der Auvergne und anderen. — Ich habe ferner auch den *Radiolith* einer Analyse unterworfen, da Hünefeldt's und Pfaff's frühere Untersuchungen noch nicht mit völliger Schärfe darthaten, dafs dieses Mineral wirklich ein Natron-Mesotyp sey. Hünefeldt [1]) fand nämlich bei einer nur mit

1) Schweigger's Journal für Physik und Chemie, Bd. 52, S. 361.

1 Grm. Mineralpulver angestellten Analyse folgende Zusammensetzung:

Kieselerde	41,88
Thonerde	23,79
Natron	14,07
Kali	1,01
Wasser	10,00
Eisenoxyd	0,91
Kohlensaurer Kalk	2,50
Gebirgsart und unaufgeschlossenes Mineral	5,50
	99,66

und Pfaff [1]) giebt folgende, wohl nur approximative Gewichtsverhältnisse der Bestandtheile an: Kieselerde 48, Thonerde 27 und Natron 10. Nach meiner Untersuchung hat der Radiolith folgende Zusammensetzung:

Kieselerde	48,38
Thonerde	26,42
Eisenoxyd	0,24
Natron	13,87
Kali	1,54
Kalkerde	0,44
Wasser	9,42
	100,31.

Es ergiebt sich hieraus mit vollkommener Schärfe, dafs auch der Radiolith in der That nichts anderes ist als ein Natron-Mesotyp, welcher sich nur durch einen etwas bedeutenderen Kaligehalt, und durch gröfsere und mehr vollkommen ausgebildete Krystalle vor dem früher sogenannten Bergmannit auszeichnet.

Beryll ist bis jetzt an folgenden Orten gefunden worden: 1) Auf Kjerringöe in den Nordlanden. Da dieser Beryll, von smaragdgrüner Farbe, in dunkel tombakbraunen Glimmerschiefer eingewachsen vorkommt, so

1) Schweigger's Journal für Physik und Chemie, Bd. 53, S. 391.

haben die Stufen dieses Fundortes viel Aehnlichkeit mit den bekannten Smaragdstufen von Salzburg in Tyrol. 2) In der Umgegend von Fredrikshald, bei Berbye und Lundestad. Weingelbe und lichtgelbe Krystalle, eingewachsen in Gneus, und zum Theil begleitet von Turmalin, Molybdänglanz und krystallisirtem Glimmer. 3) Auf dem Sätersberg in Modum, dicht bei Modums Kobaltwerk. In Krystallen und derben Massen, von ganz ähnlicher Farbe wie die Krystalle der vorgenannten Fundstätte. Einer der hier gefundenen Krystalle ist etwa 8 Zoll lang und über 2 Zoll breit und dick. Eine nähere Beschreibung dieser Fundstätte, welche aufser Beryll auch noch Pyrophysalith, Turmalin, Granat, Arsenikeisen ($Fe As^2$), Flufsspath, Albit und Glimmer führt, habe ich in Bd. 49 dieser Annalen, S. 533, mitgetheilt. 4) In der Solberg-Grube bei Arendal. Lichtgrüne Krystalle in sehr quarzreichem Granit eingewachsen. Scheint nur in geringer Menge vorzukommen; wenigstens fand ich nur eine einzige gröfsere Stufe, in welcher ein Paar, etwa 2 Zoll lange und liniendicke Krystalle sitzen. 5) In der Nähe der Kupfergruben auf Strömsheien, einem etwa 3000 F. hohen Gebirgsplateau zwischen Moland in Tellemarken und Valle in Sätersdalen, Christiansand-Stift. Unvollkommen ausgebildete, lichtweingelbe, opake Krystalle, in gangförmig auftretendem Granit eingewachsen. Auch von diesem Beryll fand ich nur wenige Exemplare. — Weniger verbürgte Fundstätten des Berylls sind folgende: 6) Auf Haaöe bei Dröbak. 7) Bei Sätre in Hurum. 8) Bei Hettöl (?) in Herland. — Alle sogenannten Beryllkrystalle von Laurvig und Fredriksvärn, welche mir bisher in die Hände gekommen sind, waren nichts anderes als Apatit. — Ein Factum, welches mir Aufmerksamkeit zu verdienen scheint, ist das häufige Zusammenvorkommen des Berylls mit Topas, und zwar um so mehr, als diese Mineralien hinsichtlich ihrer Zusammensetzung, anscheinend in nicht der geringsten Beziehung zu einander stehen.

Beryll und Topas finden sich zusammen, z. B. zu Finbo in Schweden, auf dem Sätersberg in Modúm, bei Murne in Irland und an mehreren Orten in England, Rufsland und Nordamerika. Man könnte sich allenfalls vorstellen, dafs an solchen Orten ursprünglich Fluorberyllium vorhanden gewesen wäre, welches, in Berührung mit Thonerdesilicat und Kieselerde, zu Beryll und Topas umgewandelt wurde.

Braunit. In Botnedalen, einem Thale in Oevre-Tellemarken, wurde vor Kurzem ein Mineral in bedeutender Menge aufgeschürft, in welchem ich ein wasserfreies Manganoxyd erkannte. Es hat die Farbe des Braunits, und ist in den reinsten Stücken kleinkörnig krystallinisch. Scharf ausgebildete Krystalle vermochte ich darin nicht zu entdecken. Hr. Tönsager analysirte dieses Mineral, und fand dasselbe zusammengesetzt aus:

Manganoxyd	86,40
Eisenoxyd	1,57
Kieselerde	6,22
Wasser	1,98
Unlösliches Steinpulver	3,62
	99,79.

Das unlösliche Steinpulver und die Kieselerde rühren gröfstentheils von beigemengtem Mangankiesel (Manganepidot) her, von welchem das Mineral begleitet wird. Aufser dem fleischrothen kommt auch ein schwarzer Mangankiesel vor, welcher sich aber unter dem Mikroskope als ein durch eingemengten Braunit schwarz gefärbter Mangankiesel zu erkennen giebt. — Das Mineral scheint eine grofse gang- oder lagerartige Ader im Quarzit zu bilden.

Buntkupfererz in kleineren Partien kommt an sehr vielen Orten in Norwegen vor. In bedeutenderen Massen hat es sich gefunden, und findet es sich zum Theil noch jetzt in mehreren der zu Altens- (Kaafjord-) Ku-

pferwerk gehörigen Gruben, ferner in dem niedergelegten Kupferwerke Aardal in Bergen-Stift und Fredriksminde in Nummedalen. In der bedeutendsten Menge dürfte es aber in Tellemarken vorkommen. Es scheint hier in dem Quarzit, welcher fast die alleinherrschende Gebirgsart dieses Landstrichs ausmacht, eine diesem Gesteine eigenthümliche kupfererzführende Gangformation aufzutreten. Die Meisten dieser Gänge, von denen eine bedeutende Anzahl aufgeschürft sind, zeigen sich jedoch im Allgemeinen nicht von grofser Ausdehnung, häufig aderartig und zuweilen auch mehr oder weniger nierenförmig. Ihre Mächtigkeit beträgt in der Regel nur wenige Zolle, und sehr selten über 1 Fufs. Die Gangart besteht aus Quarz; von Kupfererzen finden sich in derselben, aufser Buntkupfererz, häufig Kupferglaserz, zuweilen auch wohl Kupferkies. Accessorische Mineralien werden nur an wenigen Stellen, und auch hier nur in unbedeutender Menge angetroffen; als solche treten auf: Eisenglanz, Bitterspath, Feldspath, Glimmer, Kalkspath, Molybdänglanz, Pistazit und Hornblende. Nicht selten ist das Kupfererz in solcher Menge vorhanden, dafs es die Gangart an manchen Stellen ganz verdrängt. Ein ziemlich charakteristisches Merkmal aller dieser Gänge ist, so weit meine Erfahrungen in dieser Hinsicht reichen, der gänzliche Mangel von einer gewissen Anordnung der Gang-Mineralien, die Abwesenheit fast aller Drusenräume und in Folge davon aller frei ausgebildeten Krystalle. — Ferner findet sich Buntkupfererz, begleitet von Kupferkies, bei Böe in Sätersdalen, Christiansand-Stift, in einer 1 Lachter mächtigen und bis jetzt in einer Länge von gegen 20 Lachter aufgeschürften fallbandartigen Lagerstätte im Gneuse.

Chondrodit. In der Umgegend von Christiansand, auf der westlichen Seite des Torrisdal-Elv, nicht weit von den bekannten Fundstätten des Granat und Vesuvian, kommen rundlich krystallinische Körner eines bo-

nigfarbenen Minerals in sehr grobkörnigem Marmor vor (s. v. Leonhardt und Bronn's n. Jahrb., 1843, S. 665). Diefs Mineral, welches alle äufseren Eigenschaften des Chondrodits besitzt, giebt folgende Reactionen vor dem Löthrohre. Für sich in der Platinzange erhitzt, büfst es einen Theil seiner Farbe ein, ohne zu schmelzen; im Glaskolben giebt es wenig Wasser; in Borax aufgelöst, reagirt es schwach auf Eisen, in Phosphorsalz desgleichen und auf Kieselerde. Wird das Mineral mit saurem schwefelsauren Kali im Glaskolben zusammengeschmolzen, so erhält man eine sehr deutliche Reaction auf Flufssäure. — In Glocker's Mineralogie, S. 457, steht angeführt, dafs Chondrodit bei Arendal vorkomme. Ich habe dieses Mineral hier nicht finden können. Es wäre möglich, dafs bei dieser Angabe eine Verwechslung von Chondrodit mit Colophonit stattgefunden habe.

Disthen (Cyanit) findet sich an folgenden Orten: 1) Auf der Halbinsel Näsodden bei Christiania, begleitet von krystallisirtem Apatit in einer Quarzniere im Gneuse. 2) Bei Dragaas-Kupferhütte, einige Meilen von Röraas, angeblich mit Staurolith. Auch ganz in der Nähe von Röraas. 3) Bei Fredrikshald (Skotsbjergfjeld und Soelbrakaas) in Quarznieren, welche theils in granatführendem Glimmer- und Hornblendeschiefer, theils im Gneuse vorkommen. 4) In der Nähe der Sälbo-Kupfergruben, in Sälbodalen, Drontheim-Stift. 5) In mehreren Gruben auf Holmegildfjeld, zwischen Ide- und Aremark-Kirchspiel, Christiania-Stift, in Begleitung von Quarz, Titaneisen, Glimmer und Chlorit, im Gneuse (oder Urthonschiefer?). — Durch mikroskopische Untersuchung eines Cyanits von Näsodden habe ich mich überzeugt, dafs die blaue Farbe desselben von keinem interponirten Körper herrührt.

Dolomit. Im Kirchspiel Vaage in Guldbrandsdalen kommt Dolomit, als untergeordnetes Glied des Urgebirges, an mehreren Stellen vor, so z. B. beim soge-

nannten Intulsport (Riesenthor) und im Toldstadaasen. Er bildet hier Lager oder vielmehr Zonen im Talkschiefer und talkigem Glimmerschiefer. Seine Farbe ist mehr oder weniger rein weifs, und seine Structur feinkörnig krystallinisch. Sehr häufig sind seiner Masse feine Talkschüppchen beigemengt. Ich zerlegte einen Dolomit von der erstgenannten Fundstätte, und fand dessen Zusammensetzung:

Kohlensaurer Kalk	55,88
Kohlensaurer Talk	40,47
Kohlensaures Eisenoxydul	2,81
	99,16.

Eine Thatsache, welche vielleicht hier angeführt zu werden verdient, ist, dafs aller Uebergangskalkstein des Christianenser Territoriums kleine Quantitäten von kohlensaurem Talk zu enthalten scheint. Hr. Tönsager analysirte nämlich 1) einen Kalkstein, welcher dicht bei Christiania ein mächtiges Lager bildet; 2) eine von den Kalkknollen, welche sich sehr häufig, parallel der Schichtung, perlschnurförmig in dem kalkhaltigen Thonschiefer ausgeschieden finden; 3) eine Art dieser Kalkknollen, welche sich dadurch von den gewöhnlichen unterscheiden, dafs sie leicht zu einer ockergelben Masse verwittern; 4) einen zu Kalk versteinerten Orthoceratit. Die gefundenen Zusammensetzungen sind folgende:

	1.	2.	3.	4.
Kohlensaurer Kalk	96,08	88,29	84,08	85,54
Kohlensaurer Talk	0,39	1,94	1,54	0,89
Kohlensaures Eisenoxydul	Spur	3,94	11,76	12,21
Kieselerde, Thonerde, Wasser etc.	3,53	5,83	2,62	1,36
	100,00	100,00	100,00	100,00.

Es scheint also, dafs sich der Talkgehalt am meisten in den ausgeschiedenen Kalkknollen concentrirt hat.

Eisenglanz ist ein sehr häufig auftretender accessorischer Gemengtheil des norwegischen Urgebirges. Besonders im Hornblendegneus und anderen amphibolitischen Gesteinen finden sich oft kleinere oder gröfsere Nester von schaaligem Eisenglanz, meist in Begleitung von derbem Pistazit und rosenrothem Albit. Auf diese Weise traf ich den Eisenglanz namentlich an mehreren Orten der Kongsberger und Modumer Gegend. Körniger Eisenglanz bildet in letzterer Gegend eine ziemlich bedeutende lagerförmige Ausscheidung im Gneuse, welche seit einer Reihe von Jahren Hassel-Eisenwerk mit Erz versehen hat. Ein ähnlicher Eisenglanz wird in mehreren Gruben in der Umgegend von Krageröe abgebaut. Auf der Insel Langöe, dicht bei der eben genannten Stadt, findet sich Eisenglanz, begleitet von zum Theil sehr schön krystallisirtem Albit, von Chlorit, Bitterspath und Rutil, in sehr mächtigen Gängen, welche seit langer Zeit der Gegenstand eines wichtigen Bergbaues gewesen sind. Diese Gänge überschneiden eine Magneteisenstein-Lagerstätte. In einer der Langöe-Gruben, der Peter Ankers-Grube, kommt ein eigenthümlicher Eisenglanz vor, welcher in der dortigen Gegend von den Bergleuten »Speilmalm« (Spiegelerz) genannt wird. Dieser Eisenglanz besitzt, sowohl auf seinen Krystall- als auf seinen ausgezeichnet muschligen Bruchflächen einen ausgezeichneten Metallglanz, ähnlich dem der schönen Elbaer Eisenglanzkrystalle, ohne aber bunt angelaufen zu seyn. Vollkommen ausgebildete Krystalle dieses Minerals werden sehr selten angetroffen, häufiger Stücke mit einzelnen vorzugsweise ausgebildeten Krystall- (besonders oP-) Flächen, welche früher mitunter von der Gröfse eines Quadratfufses vorgekommen seyn sollen. Eine Eigenthümlichkeit dieses Eisenglanzes ist es ferner, dafs derselbe einen sehr dunklen, schwärzlichbraunen Strich besitzt, und sich, wiewohl nur schwach, magnetisch zeigt. Wahrscheinlich rührt diefs von etwas beigemengtem Magnet-

eisen her; einen Titangehalt vermochte ich in demselben nicht aufzufinden. — In der Näskil-Grube bei Arendal findet sich körnig krystallinischer Eisenglanz, in welchem kleinere Partien und einzelne Krystalle von Magneteisenstein eingewachsen sind. — Auch in der Christianenser Uebergangsformation kommt Eisenglanz vor, besonders in der Nähe ihres Contactes mit dem Uebergangsgranite. Ein ganz merkwürdiges Vorkommen dieser Art sah ich bei einer der Eckholt-Gruben, in der Drammenser Gegend. Auf den Halden dieser Grube liegen Stücke eines Brecciengesteins, bestehend aus scharfkantigen Bruchstücken des Uebergangskalks, zusammengekittet durch Quarz, Kalkspath und Flufsspath, welche Mineralien nicht selten in kleinen Drusenräumen krystallisirt sind. Alle jene Kalksteinbruchstücke sind mehr oder weniger deutlich mit einer dünnen Kruste von kleinen blättrigen Eisenglanzkrystallen überzogen.

Flufsspath. Unter den nicht selten völlig farblosen und ausgezeichnet pelluciden Flufsspathkrystallen aus den Kongsberger Gruben werden zuweilen Zwillingsindividuen von einer Combination $O.\infty O\infty.\infty O.mOm$ angetroffen. Ihre Verwachsung findet auf die Weise statt, dafs die Hauptaxe des einen Krystalls mit der rhombischen Zwischenaxe des anderen zusammenfällt, wodurch, da keine Verdrehung der Individuen gegen einander stattfindet, die eine $\infty O\infty$ Fläche des einen Krystalls mit der betreffenden ∞O Fläche des anderen Krystalls einen einspringenden Winkel von 19° 28′ macht [1]). — Nicht weit von Kongsberg, auf dem Jonsknuden, setzt ein etwa 1 Lachter mächtiger Gang von Flufsspath auf. Krystalle scheinen hier nicht vorzukommen. — Dicht bei den Kongsrud-Gruben, in der Gegend von Drammen, findet sich grünlicher, violetter und farbloser Flufsspath in einer Partie harter, sehr kalkhaltiger Schiefer (in nicht

1) Dieser Krystall ist jetzt im Besitze Hrn. Prof. Naumann's in Leipzig.

großer Entfernung von der Granitgränze), deren Schichtung an dieser Stelle sehr undeutlich und verworren ist. In kleinen Drusenräumen sieht man diesen Flußspath krystallisirt, und zwar stets nur in Octaëdern. Auf den Halden der Eckholt-Gruben, in derselben Gegend, fand ich veilchenblauen Flußspath in Rhombendodekaëdern. — Auf der Südseite des Bandals-Vand in Oevre Tellemarken werden an einer Stelle des Ufers eine Menge loser Flußspathstücke gefunden, welche von einer Flußspathbreccie herrühren sollen, die lagerartig im Gneuse aufsetzt. Einige Meilen von hier, bei Omdals Kupferwerk, kommt ein mächtiger flußspathführender Gang im Gneuse vor.

Gold. Die bekanntesten Fundstätten desselben sind: 1) Eidsvold, nicht weit vom südlichen Ende des Mjösen, 9 bis 10 geogr. Meilen nördlich von Christiania. In theils gang-, theils lagerförmigen, mehr oder weniger eisenschüssigen Quarzadern im Gneuse, die besonders Schwefelkies, Kupferkies, Rotheisenstein, und zuweilen auch Eisenglanz und Fahlerz führen, ist hier früher Gold fein eingesprengt und in größeren Blättchen, moosförmigen und unvollkommen krystallinischen Partien gefunden worden. Auf diesen goldführenden Quarz wurde in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts eine nicht unbedeutende Anzahl von Gruben betrieben; der Bergbau ist jedoch niemals lohnend gewesen, und deshalb eingestellt worden [1]). 2) Skara-Gruben in Egers-Kirchspiel, 3 Meilen von Drammen, deren Betrieb ebenfalls schon seit längerer Zeit eingestellt ist. Das Gold soll hier in Gängen, welche Blende und einige andere Erze führten, vorgekommen seyn, und zwar mitunter in bedeutenden Partien. Die größte Masse gediegenen Goldes, welche bisher in Norwegen angetroffen ist, wurde in diesen Gruben gefunden; sie wog mit der daransitzenden Gebirgs-

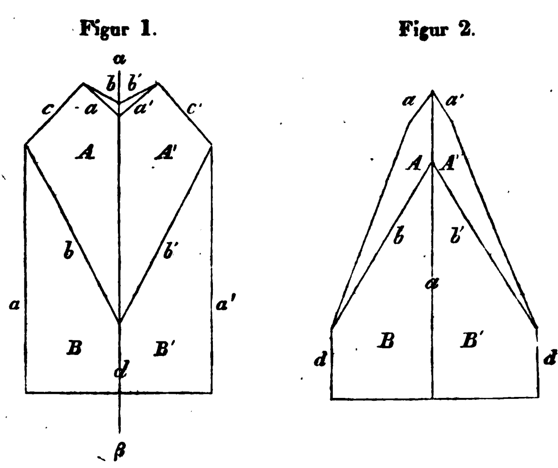
1) Eine ausführliche Beschreibung der Eidsvolder Gruben hat Keilhau im *Mag. for Naturv.*, 2. Reihe, Bd. 2, S. 259, mitgetheilt.

art 62 Mark, und es wurden daraus gegen 39 Mark Gold ausgeschmolzen. — Sowohl in den genannten Fundstätten, wie auch in den Kongsberger Gruben, ist bisweilen Elektrum (sogenanntes messinggelbes Gold) vorgekommen. — Kleinere, meistentheils nur sehr unbedeutende Quantitäten von Gold hat man an vielen anderen Orten angetroffen, so z. B. dicht beim Tinfofs in Tellemarken, in den Aardaler Kupfergruben, in Nore-Kirchspiel (Nummedal), in einigen der zu Omdals-Kupferwerk (Tellemarken) gehörigen Gruben u. s. w.

Kalkspath. Aufser in den Kongsberger und Arendaler Gruben findet sich krystallisirter Kalkspath von vorzüglicher Schönheit in einer der zu Altens Kupferwerk gehörigen Gruben. Derselbe bekleidet hier die Wände von Gangklüften und Drusenräumen. Die herrschende, oder, wie es scheint, einzige Form, in welcher die mitunter über $\frac{1}{2}$ Fufs langen Krystalle dieses Minerals auftreten, ist das Skalenoëder R^3, und zwar meist die Zwillingsgestalt aus zwei, bei coïncidirender Hauptaxe, um 60° gegen einander verdrehter Individuen. Nur als sehr untergeordnete Combinationsflächen tritt zuweilen ein noch spitzeres Skalenoëder R^n auf, ferner $-R^3$ und einige Rhomboëder. Eine andere Zwillingsgestalt kommt seltener vor, und dürfte vielleicht bisher nicht beobachtet worden seyn. Dieselbe besteht ebenfalls aus zwei Skalenoëdern R^3 mit einer Zusammensetzungsfläche parallel der geraden Abstumpfungsfläche einer der stumpfen Polkanten, einer Umdrehungsaxe senkrecht darauf und einem Drehungswinkel von 180°. Da beide Individuen nur etwa zur Hälfte vorhanden, und da dieselben mit einer Fläche aufgewachsen sind, welche annähernd lothrecht auf ihrer Zusammensetzungsebene steht, so hat ein solcher Zwillingskrystall das Aussehen einer vierseitigen rhombischen Säule mit Winkeln von 104° 38′ und 75° 22′, und mit einer schwalbenschwanzähnlichen Zuspitzung, wie folgende Figur ungefähr zeigt.

In-

In Fig. 1 ist $\alpha\beta$ die Zusammensetzungsfläche beider Zwillingsindividuen; *a* und *a'* sind Polkanten des Skalenoëders (R^3) von 104° 38', *b* und *b'* die stumpferen Polkanten dieses Skalenoëders von 144° 24'; *c* und *c'* sind die durch Vergröſserung der Flächen *A* und *A'* zu einer Kante ausgezogenen Scheitel der Skalenoëder. Fig. 2 zeigt den Zwillingskrystall von der Seite gesehen.



Kieselmalachit findet sich als Begleiter des Kupferglaserzes der kupfererzreichen Granitgänge auf Strömsheien (s. *Kupferglaserz*). Er füllt hier feine Spalten und Klüfte im Feldspath, Quarz oder Kupferglaserz aus. Im unverwitterten Zustande ist er von rein blaugrüner Farbe, schwach durchscheinend und von etwas geringerer Härte als Fluſsspath. Seine Zusammensetzung fand ich, nach Abzug der in Säuren ungelösten Gebirgsart, wie folgt:

Kieselerde	35,14
Kupferoxyd	43,07
Wasser	20,36
Eisenoxyd, Thonerde, Kali, Kalkerde	1,09
	99,66.

Eisenoxyd, Thonerde, Kali und Kalkerde, so wie ein geringer Theil der Kieselerde, rühren ohne Zweifel von dem durch Salzsäure aufgeschlossenen Theil der beigemengten Gebirgsart her. Diese Zusammensetzung stimmt sehr gut mit der Formel $\dot{C}u^3 \dddot{S}i^2 + 6\dot{H}$ überein, welche bereits durch v. Kobell für den Kieselmalachit von Boguslawsk nachgewiesen worden ist. Durch Erhitzen im Wasserbade verliert der Kieselmalachit etwa die Hälfte, durch tagelanges Trocknen darin, wie es scheint, noch ein wenig mehr von seinem Wassergehalte. Dieser Umstand macht es sehr schwierig das spec. Gewicht dieses Minerals genau zu bestimmen, da man dasselbe nicht unter Wasser auskochen darf. Ich fand das spec. Gewicht des bei 100° C. getrockneten Minerals $= 3{,}317$. In verschiedenen Lehrbüchern der Mineralogie wird das spec. Gewicht des Kieselmalachits zu 2,0 bis 2,2 angegeben, welche Angaben sich also wahrscheinlich auf das bei einer niedrigeren Temperatur getrocknete Mineral beziehen. — Sehr wahrscheinlich ist der Kieselmalachit eine parasitische Bildung, dadurch erzeugt, dafs schwefelsaures Kupferoxyd (durch Verwitterung des Glaserzes entstanden) zersetzend auf den Feldspath einwirkte. Nicht selten findet man halb zersetzte Feldspathpartikel von Kieselmalachit umschlossen.

Kupferglaserz. Das Vorkommen dieses Minerals in der Tellemarkner kupferführenden Gangformation ist bereits erwähnt worden (s. *Buntkupfererz*). Es braucht in dieser Hinsicht nur noch bemerkt zu werden, dafs das Kupferglaserz in einigen von diesen Gängen in überwiegender Menge und mitunter alleinherrschend auftritt. Einen solchen nur Kupferglaserz führenden Gang sah ich in der Bygland-Grube, Höidalsmoe-Kirchspiel in Övre-Tellemarken. In diesem Glaserz kommt manchmal blättriger Eisenglanz eingewachsen vor. — Sehr bedeutende Mengen dieses Erzes finden sich auf dem Strömsheien in Sätersdalen (s. *Beryll*). In dem hier herrschenden

Gneuse treten Granitgänge auf, von denen drei dicht neben einander laufende, bis jetzt in einer Länge von gegen 300 Lachtern aufgeschürft worden sind, und die sich an allen Stellen mehr oder weniger reich an Kupferglaserz zeigen. Nicht selten verdrängt das Erz den Granit ganz, und erfüllt die Gänge in ihrer ganzen Breite, die durchschnittlich etwa 1 Fuſs betragen mag. Theils liegt das Erz in unförmlichen Massen im Granite, theils bildet es bandförmige Streifen, die von den Sahlbändern gegen die Gangmitte hinzulaufen pflegen, oder auch zugleich von einer in der Mitte des Ganges befindlichen Erzansammlung seitwärts ausgehen. — Das Kupferglaserz von der Byglands-Grube zeigt sich in seinem äuſseren Charakter verschieden von dem Glaserze von Strömsheien. Während nämlich ersteres, gleich dem normalen Kupferglaserz, vollkommen derb ist, besitzt letzteres sehr deutliche, nach einer Richtung gehende Blätterdurchgänge. Ich vermuthete, daſs diese Verschiedenheit im Aeuſseren auf einer verschiedenen Zusammensetzung beruhe, und analysirte deshalb beide Mineralien, wobei sich folgende Resultate ergaben:

	Kupferglanz von Strömsheien.	Kupferglanz von Bygland.
Kupfer	79,12	77,76
Eisen	0,28	0,91
Schwefel	20,36	20,43
	99,76	99,10.

Hieraus ergiebt sich also, daſs zwischen der Zusammensetzung dieser Mineralien, trotz ihres verschiedenen äuſseren Charakters, dennoch durchaus kein wesentlicher Unterschied stattfindet. Man ist daher wohl berechtigt anzunehmen, daſs das Kupferglaserz dimorph vorkommt, um so mehr, da die spec. Gewichte beider hier in Rede stehender Mineralien von einander abweichen. Das spec. Gewicht des blättrigen Glaserzes fand ich näm-

lich =5,521 und das des derben =5,795. Das Halbschwefelkupfer ($\acute{Cu}$) mufs folglich trimorph seyn, da Mitscherlich gezeigt hat, dafs das künstlich gebildete $\acute{Cu}$ tesseral krystallisirt. — In mehreren Lehrbüchern der Chemie findet man angeführt, dafs das Kupferglaserz bisweilen *blättrig* vorkommt; es scheint mir nicht unwahrscheinlich, dafs dieses blättrige Erz mit dem von Bygland identisch ist.

Kupfernickel. Auf Östre-Langöe, in der Nähe der Stadt Krageröe, fand Hr. Hütten-Inspector Wankel in einer jetzt nicht im Betriebe stehenden Eisengrube Partien von Kupfernickel mit Kalkspath und Hornblende verwachsen, von welchem Vorkommnisse derselbe die Güte hatte mir ein Paar Probestücke mitzutheilen. Nach einer von mir vorgenommenen Analyse dieses Kupfernickels hat derselbe folgende Zusammensetzung:

Arsenik	54,35
Nickel	44,98
Eisen	0,21
Kupfer	0,11
Schwefel	0,14
	99,79.

welche Zusammensetzung sehr nahe Ni As entspricht. Das spec. Gewicht dieses Minerals fand ich =7,663, also etwas höher als 7,6, welches das spec. Gewicht des Kupfernickels nach den Angaben anderer Beobachter seyn soll. Allerdings wendete ich nur 2,475 Grm. Mineralstücke zur Bestimmung des spec. Gewichts an, welche Quantität für ein so specifisch schweres Mineral vielleicht zu gering seyn dürfte. — Früher soll sich Kupfernickel, von Prehnit und etwas Silber begleitet, in der Nödebroe-Grube bei Arendal gefunden haben.

Magnesit. Man hat bisher das Mineral, in welchem die bekannten Serpentinkrystalle von Arendal eingewach

sen vorkommen, für Bitterspath angesehen. Das bedeutende spec. Gewicht dieses Minerals (ich bestimmte dasselbe zu 3,065) schien mir jedoch dagegen zu sprechen, und die folgenden beiden Analysen beweisen, daſs man in dieser Hinsicht im Irrthum war:

	1.	2.
Kohlensäure	52,57	52,66
Talkerde	46,43	46,22
Eisenoxydul	0,87	1,12
	99,87	100,00.

Bei der ersten dieser Analysen, welche von Hrn. Cand. Münster angestellt wurde, ist die Kohlensäure durch Zusammenschmelzen des pulverisirten Minerals mit Borax, bei der zweiten, von Hrn. Tönsager ausgeführten Analyse ist dieselbe dagegen aus dem Verluste bestimmt worden. Das Mineral ist also krystallinischer Magnesit (Talkspath), welcher bisher hauptsächlich nur in Tyrol (Ultenthal) und im Staate Vermont in Nordamerika angetroffen worden ist.

Mangankiesel s. Braunit.

Molybdänglanz. Findet sich nicht gar selten als accessorischer, aber meist nur in sehr geringer Menge auftretender Bestandtheil des Gneuses und Granites, besonders des Zirkonsyenits in der Umgegend von Brevig, Fredriksvärn und Laurvig. Ferner pflegt dieſs Mineral, in gröſserer oder geringerer Menge, unter den Erzen der Tellemarkner Kupfererz-Gangformation (s. Buntkupfererz) aufzutreten. In einem der Gänge dieser Formation, beim Hofe Berge i Eidsborg, Annex des Kirchspiels Laurdal, wird der Molybdänglanz in der bedeutendsten Menge gefunden. Hier tritt derselbe selbstständig, ohne Begleitung von Kupfererzen, auf, und ist zum Theil in faustgroſsen Stücken in der Gangart (Quarz) eingewachsen.

Pleonast ist sowohl von Hrn. Prof. Keilhau als von Hrn. Director Møller in der Stul-Grube (einer

der Näskil-Gruben) bei Arendal angetroffen worden. Er kommt hier, krystallisirt in Octaëdern mit Combinationsflächen des Rhombendodekaëders, in Kalkspath eingewachsen vor, begleitet von lauchgrünem krystallisirten Augit. Eine bereits vor mehreren Jahren mit einer sehr kleinen Quantität (0,5 Grm.) dieses Minerals vorgenommene Analyse ergab folgende Zusammensetzung:

Thonerde	55,17
Kieselerde	5,09
Eisenoxydul	18,33
Talkerde	17,65
Manganoxydul	2,71
	98,95.

Man erfährt wenigstens durch diese Analyse, daſs das untersuchte Mineral wirklich ein Pleonast ist. Der Kieselerdegehalt ist sicher zu groſs ausgefallen, da das Mineral in einem Achatmörser feingerieben wurde. — In derselben Lagerstätte von grobkörnig krystallinischem Kalkstein, in welcher der Chondrodit (s. d.) bei Christiansand eingewachsen vorkommt, werden auch kleine schwarze Krystalle von Pleonast angetroffen. Wir haben also hier ein neues Beispiel, daſs sich das Zusammenvorkommen gewisser Mineralien an weit von einander entfernten Fundorten wiederholt. Nämlich auf ganz ähnliche Weise, wie bei Christiansand, findet sich auch bei Amity im Staate New-York, bei Pargas und Lojo in Finnland, und bei Åker in Södermanland sowohl Spinell (an den erstgenannten Stellen Pleonast und an den letztgenannten blauer Talk-Spinell) in Begleitung von Chondrodit in krystallinischem Kalkstein eingewachsen.

Quarz. Nicht weit vom Hofe Björndalen in Sigdal (in der Modumer Gegend) fanden sich vor mehreren Jahren, in einer zur Urgneus-Formation gehörigen Quarzausscheidung, Bergkrystalle von einer bis zu 1 Fuſs und darüber gehenden Länge, und von mehreren Zollen Dicke.

Dieselben bekleideten die Wände einiger kleinen Höhlenräume, und zeigten sich mehr oder weniger mit einer dünnen Schicht Eisenoxyd überzogen, über welche sich bisweilen wieder Quarz abgesetzt hatte. — In der Fundstätte des Berylls (s. d.) auf dem Sätersberge in Modum findet sich Quarz mit zum Theil sehr deutlichen rhomboëdrischen Spaltungsflächen, so dafs es zuweilen glückt vollkommene Rhomboëder daraus zu spalten.

Radiolith s. Bergmannit.

Rosit. Kleine dunkel rosenrothe Körner, etwa von Senfkorngröfse, eines Minerals, welches im Aeufseren ganz dem schwedischen Rosit gleicht, finden sich, jedoch nur als Seltenheit, in einem Marmorlager bei Ormbräkke, Höidalsmoe-Kirchspiel in Tellemarken.

Rutil. Folgende Fundstätten dieses Minerals sind mir bekannt geworden: 1) Beim Hofe Lofthuus in Snarum, Annex von Kirchspiel Modum. Theils in bedeutenden derben Massen, theils in Krystallen, begleitet von Apatit, Feldspath, Glimmer und einem eigenthümlichen strahligen Talkmineral, welches Mineralgemenge eine stockförmige Masse im Gneuse zu bilden scheint. Die Rutilkrystalle haben bisweilen eine Länge von einigen Zollen und eine Dicke von 1 bis 2 Zoll. Sie besitzen eine dunkel rothbraune Farbe, und haben eine mehr oder weniger matte, mitunter rauhe Oberfläche. Alle Krystalle dieser Art, welche ich fand oder in den Händen Anderer gesehen habe, waren eine Combination von $\infty P . \frac{3}{4}P$, zuweilen mit $\infty P \infty$. Die Pyramide $\frac{3}{4}P$, welche, so viel mir bekannt, bisher nicht an Rutilkrystallen beobachtet wurde, macht mit ∞P einen Winkel von nahe 124° (der Winkel von P mit ∞P ist $= 131° 59'$), woraus sich also die Länge der Hauptaxe dieser Pyramide zu

$$\frac{tg(124° - 90°)}{tg\,41° 59'} = 0{,}74955,$$ also sehr nahe $= \frac{3}{4}$ ergiebt.

Das spec. Gewicht dieses Rutils fand ich durch zwei Wägungen, von denen die eine mit 5,783 Grm. und die

andere mit 5,425 Grm. ausgesuchten Stücken angestellt wurde, das eine Mal =4,244 und das andere Mal =4,245, welche Werthe sehr nahe mit H. Rose's Angaben über das spec. Gewicht des Rutils (4,239—4,255) übereinstimmen. Bei Untersuchung des feingepulverten Minerals unter dem Mikroskope erkennt man, dafs dasselbe sparsam vertheilte, braunrothe und gelbbraune Blättchen von Eisenoxyd interponirt enthält, aber nie in sechsseitigen Tafeln, wie beim Sonnenstein, sondern stets mit ganz unregelmäfsigen Umrissen. — 2) Auf dem Koplands-Berge; dicht bei Modums Blaufarbenwerk. Kleine, meist nur 1 oder einige Linien lange Krystalle von etwas dunklerer Farbe als das Rutil der vorigen Fundstätte, vor welchem sich dieselben auch durch ihren ziemlich starken Metallglanz auszeichnen. Mitunter sind viele solcher Krystalle zu einer zusammenhängenden Metallkruste verbunden. Dieselben finden sich in von Bitterspath ausgefüllten Klüften eines zum Gneuse gehörigen Hornblendegesteins. Auch an diesen Krystallen tritt stets nur die Pyramide $\frac{8}{4}P$ auf, niemals aber P. — 3) In den Modumer Kobaltgruben. Die hier vorkommenden, in Quarz eingewachsenen Krystalle sind meist noch kleiner als die der vorigen Fundstätte, besonders aber durch ihre fast stahlgraue Farbe, verbunden mit metallischem Glanze, ausgezeichnet. Merkwürdigerweise wird diese Farbe durch Glühhitze in die gewöhnliche braunrothe Farbe des Rutils umgeändert; auch zeigen sich Splitter des geglühten Minerals, die vor dem Glühen opak waren, nach demselben sehr deutlich pellucid. Es ist möglich, dafs diese durch Glühen bewirkte Veränderung in den äufseren Eigenschaften des Rutils auch mit einer Veränderung im spec. Gewicht desselben verbunden ist. Diefs konnte inzwischen nicht untersucht werden, da es mir hierzu durchaus an der erforderlichen Menge des Materials fehlte. — 4) Auf der Insel Langöe bei Krageröe. Braunrothe und hochrothe, in letzterem Falle ziemlich durchschei-

nende Krystalle und krystallinische Massen, in [illegible] spathpartien eines zum Gneuse gehörigen [illegible] steins eingewachsen. In diesem Rutil konnte ich [illegible] stens in dem hochrothen, keine Spur von [illegible] Eisenoxyd entdecken. — 5) Auf dem [illegible] einem drei Meilen von Tvedestrand gelegenen [illegible] Hornblendegneus eingewachsen. — Auch an [illegible] len der Arendaler Gegend soll sich Rutil finden.

Sonnenstein. In dem Granite des [illegible] Valle-Kirchspiel, Sätersdalen, Christiansand-Stift [illegible] cher durch die überaus zahlreichen größeren [illegible] neren Gneusbruchstücke ausgezeichnet ist [illegible] einschliefst, fand ich an einigen Stellen sehr [illegible] roth gefärbte Partien von Sonnenstein. [illegible] lich seines Lichtreflexes war dieses Mineral [illegible] gezeichnet schönen Sonnenstein von T[illegible] zu vergleichen.

Stilbit. In der Nähe von Christiania [illegible] dat Münster einige lose Syenitstücke [illegible] fel dem sphen- und zirkonführenden [illegible] dalen (etwa 1 Meile von Christiania), [illegible] in welchen ein lichtgelbes, strahlig [illegible] in kleinen Drusenräumen eingewachsen [illegible] spec. Gewicht dieses Minerals [illegible] zu 2,203, und dessen Zusammensetzung [illegible] wie folgt:

Kieselerde	[illegible]
Thonerde	[illegible]
Eisenoxyd	[illegible]
Kalkerde	[illegible]
Alkali	[illegible]
Talkerde	[illegible]
Wasser	[illegible]

[illegible] yn.

Das Mineral ist also ein [illegible] er-setzung mit der von Berzelius [illegible]

benen Formel gut übereinstimmt. Aufser diesem Minerale fanden sich auch Krystalle von braunem Sphen in den Syenit-Bruchstücken. — Vollkommen ähnliche lose, wenig abgerundete Bruchstücke werden auf Langöe im Christianiafjord angetroffen.

Tennantit. In den Modumer Kobaltgruben wird zuweilen in geringer Menge ein Erz gefunden, welches derbem Fahlerz sehr ähnlich sieht. Das spec. Gewicht dieses Minerals ist =4,530, und seine Bestandtheile sind nach einer von Hrn. Fearnley damit vorgenommenen Analyse, bei welcher jedoch, aus Mangel an Zeit, der Arsenikgehalt nur aus dem Verluste bestimmt wurde:

Kupfer	42,60
Eisen	9,21
Schwefel	29,18
Arsenik	19,01
	100,00.

Man erfährt hieraus wenigstens mit hinreichender Gewifsheit, dafs diefs Mineral zum Tennantit gerechnet werden mufs. Es kommt besonders in einem quarzreichen, granitischen Gneuse vor, oft von Kupferkies begleitet, und zeigt die Eigenthümlichkeit, dafs der Feldspath in seiner Nähe fast stets von ockergelben Adern durchzogen ist.

Thorit. Das gröfste bisher gefundene Stück Thorit, welches auf der Mineraliensammlung zu Christiania aufbewahrt wird, wiegt 54½ Grm. Ein fast constanter Begleiter des Thorits scheint ein bräunlicher, lang- und dünnstrahliger Natron-Mesotyp (Bergmannit) zu seyn. Hr. Pastor Esmark fand den Thorit meist in diesem Minerale eingewachsen, und auch ich habe in solchem Natron-Mesotyp kleine Körner von Thorit gefunden.

Turmalin. An mehreren Stellen im Gneuse eingewachsen, besonders in den zu dieser Gebirgsart gehörigen Quarz- und Feldspath-Ausscheidungen; so z. B. in

Saarum, den Modumer Kobaltgruben, im Kirchspiel Bamble (nicht weit von Brevig, der sogenannte Aphrizit), bei Arendal, auf dem Sätersberge in Modum u. s. w. — Der Turmalin aus den Modumer Kobaltgruben ist theils durch seine gelbbraune Farbe, theils dadurch ausgezeichnet, dafs seine Krystalle fast eben so breit und dick wie lang sind. Letzteres ist auch häufig bei den schwarzen Turmalinkrystallen von Bamble der Fall.

Uranocker von hochgelber Farbe findet sich im Granite einer der Kupfergruben (Gamle-Grube) auf Strömsheien (s. Buntkupfererz), und zwar als Verwitterungsproduct eines, nach meiner vorläufigen Untersuchung, hauptsächlich aus Tantalsäure, Uranoxydul und Manganoxydul bestehenden Minerals, welches mit G. Rose's Urantantal (vom Ural) verwandt zu seyn scheint.

Wismuthglanz, begleitet von braunem allochroitischen oder colophonitähnlichem Granat, Magneteisen (stets in Rhombendodekaëdern krystallisirt), Schwefelkies, Kupferkies und Bleiglanz, kommt in einer dicht bei Gjellebäk (dem Hofe, wo die bekannten Marmorbrüche liegen) befindlichen, verlassenen Kupfergrube vor. Das genannte Mineralgemenge liegt nahe an der Gränze zwischen Granit und Uebergangs-Thonschiefer, welcher letztere sich häufig durch solchen Contact zu erzführenden Granatmassen umgewandelt zeigt. Dieser Wismuthglanz hat ein spec. Gewicht von 6,403, und seine Zusammensetzung ist:

Schwefel	19,12
Wismuth	79,77
Kupfer	0,14
Eisen	0,15
	99,18.

Das Wismuth schien mir etwas bleihaltig zu seyn. Quantitativ vermochte ich diefs inzwischen nicht zu ermitteln, da es mir nie hat gelingen wollen grofse Men-

gen des erstgenannten Metalls von geringen Mengen des letzteren scharf zu scheiden.

Zinkblende. In der näheren Umgebung von Christiania, dicht bei Agers-Kirche, findet sich eine schwärzlichbraune, strahlig krystallinische Zinkblende, welche einige Aehnlichkeit mit der bekannten cadmiumhaltigen Zinkblende von Przibram in Böhmen besitzt; jedoch ist sie weit grobstrahliger. In Bezug auf das Vorkommen dieses Minerals ist nur Weniges bekannt. Dasselbe soll sich, in Begleitung von Kupferkies, in oder bei einem Grünsteingange finden, auf welches Vorkommnifs früher ein kleiner Grubenbau in Betrieb gewesen ist. Die Grubenöffnung, das sogenannte »Dragebul« (»Drachenloch«; kann aber auch »Ziehschacht« bedeuten) ist bereits seit längerer Zeit verschüttet; inzwischen findet man noch hier und da einige lose Stücke der Zinkblende in seiner Nähe. Die nähere analytische Untersuchung des Minerals bestätigte nicht meine Vermuthung, dafs dasselbe cadmiumhaltig sey. Ich fand folgende Zusammensetzung:

33,73	Schwefel
53,17	Zink
11,79	Eisen
0,74	Mangan
Spur	Kupfer
99,43.	

Es ist dieses Mineral also eine Zinkblende, welche sich sowohl durch einen ungewöhnlich grofsen Gehalt an Schwefeleisen, wie auch durch eine geringe Menge Schwefelmangan auszeichnet; in Bezug auf ersteren steht dieselbe dem sogenannten Marmatit, von Marmato bei Popayan, sehr nahe, welcher, nach Boussingault's Analyse, aus 3 Atomen Schwefelzink und 1 Atom Schwefeleisen besteht.

Zirkon. Ausgezeichnet scharfkantige und glänzende Zirkonkrystalle, meist von einigen Linien Länge, sind

früher in der Näfs-Eisengrube bei Tvedestrand in großer Menge vorgekommen; jetzt werden sie nur selten angetroffen. Einige derselben sind in Granit, die meisten aber in Magneteisenstein eingewachsen. Sowohl Krystalle dieser Fundstätte, wie auch Zirkonkrystalle von Brevig, untersuchte ich unter dem Mikroskop, und fand einen undurchsichtigen, pulverförmigen Körper ziemlich häufig darin interponirt, seltener mehr oder weniger durchscheinende Blättchen von Eisenoxyd. — Bei Arendal kommt, in Feldspath oder Kalkspath eingewachsen, eine chokoladenbraune Zirkonart vor, deren meist nicht sehr scharf ausgebildete und wenig glänzende Krystalle auf der Oberfläche durch Quarz geritzt werden. Ich hielt dieselben daher anfangs für Malakon, bis ich fand, dafs ihr spec. Gewicht =4,387 sey, und dafs sie im feingepulverten Zustande von Flufssäure nicht zersetzt wurden. Zerschlägt man solche Krystalle, so bemerkt man, dafs dieselben von einer dünnen Kruste umgeben sind, welche die erwähnte Farbe besitzt. Unter dieser Kruste liegt dann gewöhnlich eine etwa eben so dünne milchweifse Schicht, und von dieser wird der, wie gewöhnlicher Zirkon aussehende Kern des Minerals umgeben, welcher auch die Härte des Zirkons besitzt. Wird jene chokoladenfarbige Kruste unter dem Mikroskope betrachtet, so zeigt sie sich von einer grofsen Menge, nach allen Richtungen gehender Sprünge durchzogen, von denen also wahrscheinlich ihre anscheinend geringere Härte herrührt. — Ein Zirkonkrystall (von Brevig oder Fredriksvärn) von seltener Gröfse befindet sich in der Mineraliensammlung hiesiger Universität. Er wiegt etwa 92 Grm. Das eine Ende desselben ist abgebrochen. Ein anderes in dieser Sammlung befindliches, aber weniger vollkommenes Bruchstück eines Zirkonkrystalls von einer der genannten Fundstätten wiegt $103\frac{1}{2}$ Grm.

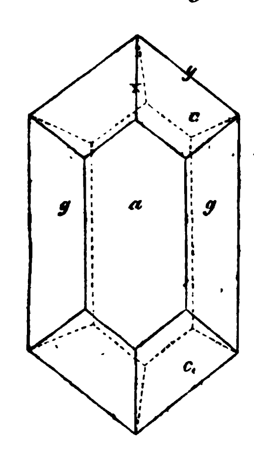
XI. *Ueber die Krystallform und die chemische Zusammensetzung des Geokronits von Val di Castello in Toscana; von Th. Kerndt,*

Bergingenieur aus Sachsen.

Unter dem Namen »Bournonit von Val di Castello bei Pietra Santo in Toscana,« wo es in den, von Tozetti und Perres geognostisch beschriebenen Bleiglanzgruben von Federerz umgeben vorkommt, erhielt ich vor einiger Zeit ein Mineral, welches allerdings der Familie der geschwefelten Antimonbleierze angehört, aber keineswegs mit dem Schwarzspiefsglaserz zu vereinigen ist. — Es scheinen die Krystalle, deren ich zwei von ziemlicher Gröfse besitze, beim ersten Anblick die des Kupferglanzes zu seyn; allein eine nähere Prüfung der physikalischen und krystallographischen Kennzeichen liefsen ein Mineral erkennen, dessen bestimmte Individualität und Gleichmäfsigkeit seiner äufseren Charactere eine neue Mineralgattung aufser Zweifel stellen würden, wenn nicht eine quantitative Untersuchung seiner chemischen Bestandtheile zu ganz unerwarteten Resultaten geführt hätte. — Die physikalischen Kennzeichen dieses Minerals sind folgende: Farbe auf frischem Bruche bleigrau, durch Anlaufen in's Eisenschwarze übergehend. Strichpulver dunkel bleigrau; Metallglanz vollkommen. Bruch muschlig; Härte die des Bournonits. Nicht sonderlich spröde. Specifisches Gewicht nach zwei Wägungen $=6,45$ und $6,47$. (Temp. $=12^{\circ}$ R.)

Die Krystallformen gehören dem zwei- und zweigliedrigen Systeme an. An einer geschobenen Säule von $119^{\circ}\ 44'$, bezeichnet *gg*, ist die stumpfe Seitenkante gerade abgestumpft, und auf die Kanten, welche diese Abstumpfungsfläche *a* mit den Seitenflächen der Säule bil-

det, sind die Flächen eines Rhombenoctaëders $c c_{,}$ mit nahe 29° Neigung gegen die Axe gerade aufgesetzt. Für dieses Rhombenoctaëder ist das Verhältnifs der Axen $a : b : c = 1 : 0{,}269197 : 0{,}468949$. Die Neigung der Flächen beträgt:



a gegen g = 149° 52′
$c_{,}$ gegen $c_{,}$ = 122°,

und es ergiebt sich hieraus:

c gegen a = 147° 37′ 30″,

womit die Messungen (c und $c_{,}$ gegen g und a, die zwischen 147° 34′ und 147° 40′ liegen) nahe genug übereinstimmen, da eigentlich nur die Flächen a und g, die andern aber, weil sie sich mit einem schwarzen Oxydhäutchen überzogen hatten, weniger zu Messungen geeignet waren.

Die Neigung in den Kanten des Rhombenoctaëders beträgt:

in der stumpfen Endkante	x = 153°	(152° 59′ 50″)
in der scharfen Endkante	y = 64° 45′	(8″)
in den Lateralkanten	= 122°	
c gegen die Axe	a = 13° 30′	(5″)
c - - -	b = 57° 37′	(26″)
c - - -	c = 29°.	

Die Spaltbarkeit ist in zwei Richtungen wahrzunehmen: einmal parallel den Abstumpfungen der Säule, und hier am deutlichsten, während dieselbe parallel den Flächen des Rhombenoctaëders weniger vollkommen ist.

Löthrohrverhalten.

Erhitzt man das Mineral in einer an beiden Seiten offenen Glasröhre, so sublimiren sich Spuren von Schwefel, während sich zugleich schweflige Säure entwickelt. Auch setzt sich bei dieser Operation in der Röhre ein weifses Sublimat in ziemlicher Menge an, welches flüchtig

(Antimonoxyd) ist. — In der an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre giebt die Substanz ein geringes rothes Sublimat. Auf Kohle schmilzt das Mineral leicht, anfangs zu einer Kugel, die sich bei fortgesetztem Blasen ausbreitet, eine blasige Masse bildet, und nach und nach mehr und mehr verschwindet. Hierbei entwickelt sich ein grauweifser Rauch, der die Kohle weifs beschlägt.

Auf der Kapelle giebt die Substanz den gelben Beschlag von Bleioxyd, und kann unter längerem Blasen gänzlich verflüchtigt werden, wobei am Ende der Operation ein sehr kleines glänzendes Kügelchen einige Momente der Hitze widersteht, aber auch nach und nach vollständig unter Zurücklassung von Spuren eines karmoisinrothen Beschlags verschwindet.

Um zu erfahren, ob Kupfer in der Substanz sey (denn Zusammenschmelzen mit Soda und Abschlämmen des Kohlenpulvers ergaben kein metallisches Kupfer), wurde dasselbe in Pulverform auf Kohle abwechselnd in der Reductions- und Oxydationsflamme geröstet, bis aller Schwefel entfernt war, hierauf mit Soda und Borax und einigen Körnern Probirblei gemengt, und auf Kohle im Reductionsfeuer geschmolzen. Das erhaltene Metallkorn wurde nun zuerst für sich, alsdann mit Borsäure auf Kohle behandelt. Die Borsäure zeigte bald eine blaue Färbung vom Kupfer. — Durch Zusammenschmelzen mit Cyankalium und Soda in der Reductionsflamme auf Kohle liefs sich deutlich der Geruch nach Arsen wahrnehmen.

Somit war durch das Löthrohr Antimon, Schwefel, Blei, Kupfer und Arsenik nachgewiesen.

Quantitative Analyse.

2,027 Grm. des Minerals wurden durch Erhitzen in einem Strom trocknen Chlorgases zerlegt. Die Zersetzung erfolgte ziemlich leicht, und nur 0,044 Grm. fanden sich

bei

bei Behandlung der nicht flüchtigen Chlormetalle als unzersetzt vor, welche auf einen Gehalt an Silber vergeblich geprüft, und nur aus Kieselsäure bestehend als fremdartige Substanz abgerechnet wurden.

Die Analyse gab folgendes Resultat:

Schwefel	17,324
Blei	66,545
Kupfer	1,153
Eisen	1,735
Antimon	9,686
Arsenik	4,723
	101,166.

Pb	66,545	= S	10,35
Cu	1,153	= -	0,30
Fe	1,735	= -	1,00
			11,65.

Sb	9,686	= S	3,63
As	4,723	= -	3,03
			6,66.

Da sich der Schwefel der elektronegativen und der der elektropositiven Metalle =3 : 5 verhält, so ergiebt sich die Formel:

$$\overset{\prime}{Pb}{}^{5} \left\{ \begin{matrix} \overset{\prime\prime\prime}{Sb} \\ \overset{\prime\prime\prime}{As} \end{matrix} \right.$$

Werfen wir nun einen Blick auf die bekannten derartigen Verbindungen, wie Zinkonit, Plagionit, Jamesonit, Federerz, Boulangerit und Geokronit, so finden wir, daſs unser Mineral auf das Ueberraschendste in seinen chemischen Eigenschaften mit dem Geokronit übereinkommt. Diese Uebereinstimmung mit dem Geokronit von Sala, dessen Zusammensetzung L. F. Svanberg [1]) folgendermaſsen angiebt:

1) Berzelius, Jahresb. XX, S. 215. Auch diese Ann. Bd. 51, S. 535.

Schwefel	16,262
Blei	66,452
Kupfer	1,514
Eisen	0,417
Zink	0,111
Antimon	9,576
Arsenik	4,695
	99,027

veranlaſste mich, eine Vergleichung der übrigen Eigenschaften beider Mineralien zu veranstalten. Hr. Mineralienhändler Kranz hatte die Güte, mir die am meisten charakteristischen Exemplare des schwedischen Geokronits aus seiner Privatsammlung zu überlassen. Es stellten sich bei Vergleichung dieser beiden Mineralien in der Gestalt, im Bruche, in der Farbe und in der Härte einige Unterschiede heraus. Der Geokronit von Sala ist nur derb, während das Mineral aus Toscana deutlich krystallisirt, in zwei Richtungen deutlich spaltbar, im Bruche muschlig, etwas härter, lebhafter glänzend und etwas dunkler von Farbe ist. Hr. L. F. Svanberg giebt das spec. Gewicht zu 5,88 ohne nähere Bezeichnung der Bestimmungsmethode an, und ich fand dasselbe vom Toscanischen Minerale 6,45 bei Anwendung von 4,24 Grm. im Stückchen und einer Temperatur von 12° R. Ein zweiter Versuch, mit 6,276 Grm. angestellt, gab das spec. Gewicht 6,47.

Es blieb mir nichts übrig, als das spec. Gewicht des schwedischen Geokronits auf gleiche Art und Weise zu bestimmen, und ich erhielt hierdurch bei Anwendung von 4,16 Grm. das spec. Gewicht 6,54. Demnach lieſsen sich wesentliche Unterschiede zwischen dem Geokronit aus Sala und dem Minerale aus Toscana auch hierin nicht ermitteln.

Hr. Sauvage beschreibt [1]) den Geokronit von Merodo in der spanischen Provinz Galizien, wo er in einem Bleiglanzgange in knolligen Ausscheidungen vorkommt, mit dem spec. Gewicht 6,43, und giebt an, dafs derselbe körnig, leicht zu Pulver zerreiblich und abschmutzend sey, und in Farbe dem Grauspiefsglanze nahe stehe. Zwei Analysen, bei welchen Hr. Sauvage einmal den Geokronit mit 3 Th. Salpeter und 3 Th. kohlensaurem Natron schmolz und das andere Mal durch Salzsäure zerlegte, gaben ihm folgende Resultate:

Schwefel	16,90			
Blei	64,89	erfordert Schwefel	10,08	10,32
Kupfer	1,60		0,24	
Antimon	16,00			6,00
	99,39			16,32.

Der Geokronit von Merodo ist demnach frei von Arsenik, und giebt die Formel:

$$\overset{\prime}{Pb}{}^5\overset{\prime\prime\prime}{Sb} \text{ oder } \overset{\prime}{Pb}\overset{\prime\prime\prime}{Sb} + 4\overset{\prime}{Pb}.$$

Den Bleigruben von Val di Castello gebührt demnach das Verdienst, uns die fünfte, in theoretischer Beziehung so wichtige und interessante Verbindung des Schwefelantimons mit dem Schwefelblei in schönen und deutlichen Krystallen geliefert zu haben.

Die Analyse und die spec. Gewichtsbestimmungen habe ich im Laboratorium und unter der Leitung des Hrn. Dr. Rammelsberg ausgeführt.

Berlin, im März 1845.

1) *Annal. des Mines, III, Sér. XVII, p.* 525. Poggend. Annal. Bd. 52, S, 78. Jahresbericht, 21, S. 185.

XII. Ueber das Carlsbader Mineralwasser.

Man hat in neueren Zeiten angefangen, das Carlsbader Wasser, wie kalte Mineralwasser, zu versenden, und der Erfolg hat gezeigt, daſs dieser Versuch vollkommen gelungen ist. Die Füllung der Krüge geschieht durch Herrn Hecht auf eine so umsichtige und gewissenhafte Weise, daſs das Wasser durch die Versendung durchaus nichts von seinen Bestandtheilen verliert.

Es sind indessen Zweifel darüber erhoben worden, ob die Versendung eines heiſsen Mineralwassers zweckmäſsig sey, zumahl wenn dasselbe, wie das Carlsbader Wasser, sich beim Erkalten verändert, und milchicht wird. Dieſs ist indessen nur der Fall, wenn es beim Zutritt der Luft erkaltet. Berzelius giebt zwar an [1]), daſs es, lange in zugeschlossenen Gefäſsen verwahrt, einen äuſsert geringen hellgelben Bodensatz, dessen Farbe offenbar von Eisenoxyd herrüht, absetzt; es rührt indessen dieſs wohl nur davon her, daſs beim Füllen des Gefäſses nicht vollkommen alle atmosphärische Luft abgehalten worden war, wodurch sich etwas Eisenoxyd aus der kohlensauren Verbindung ausgeschieden haben konnte. Die durch Herrn Hecht versandten Krüge, ein Jahr nach der Füllung aufbewahrt, zeigten nach dem Zerschlagen nicht den mindesten Absatz an den Boden oder die Wände der Krüge.

Um indessen jeden Zweifel über die Zweckmäſsigkeit des Versendens, und über die unveränderte Beschaffenheit des versandten Carlsbader Wassers zu heben, wurden auf Veranlassung des Herrn Hecht in meinem Laboratorium einige Versuche angestellt. Es wurden aus verschiedenen Krügen vom Sprudelwasser, die ein Jahr hindurch aufbewahrt worden waren, Wassermengen zur Bestimmung der Hauptbestandtheile des Wassers genom-

1) Gilbert's Annalen, Bd. 74, S. 132.

men. — Herr Brooks fand in einem Versuch, dafs 100,2 Grm. des Wassers, mit Salpetersäure und salpetersaurer Silberoxydauflösung behandelt, 0,254 Grm. Chlorsilber, und bei einem andern Versuche, dafs 450,9 Grm vom Wasser aus einem andern Kruge 1,1445 Grm. Chlorsilber lieferten. Diefs entspricht in 1000 Theilen des Wassers 1,036 und 1,038 Th. Chlornatrium, denn man mufs nach Berzelius Analyse annehmen, dafs alles Chlor im Carlsbader Wasser als Chlornatrium enthalten ist. — Berzelius aber giebt in seiner meisterhaften Untersuchung des Carlsbader Wassers 1,0385 Th. Chlornatrium in 1000 Gewichtstheilen an, was eine völlige Uebereinstimmung ist.

Bei einem andern Versuche erhielt Herr Brooks aus 200,4 Grm. des Wassers, mit Chlorwasserstoffsäure und Chlorbaryum behandelt, 0,8485 Grm. schwefelsaurer Baryterde. Nimmt man nun an, dafs alle Schwefelsäure im Carlsbader Wasser als schwefelsaures Natron enthalten ist, so entspricht jene Menge der schwefelsauren Baryterde 2,590 Gewichtstheilen schwefelsauren Natrons in 1000 Th. des Wassers. Auch diese Menge stimmt mit der überein, welche Berzelius in seiner Untersuchung darin angiebt; er fand nämlich 2,58713 Th. in 1000 Th. des Wassers.

Es folgt also aus diesen Versuchen, dafs das durch Herrn Hecht versandte Carlsbader Wasser vollkommen die Zusammensetzung (wenigstens in seinen Hauptbestandtheilen) des wahren Carlsbader Wassers hat, und dafs es durch die Versendung nicht verändert worden ist. Es ergiebt sich aber aus jenen Versuchen noch eine zweite sehr bemerkenswerthe Thatsache, dafs nämlich die Zusammensetzung der Carlsbader Wasser seit langen Jahren immer vollkommen die nämliche ist. Schon im Jahre 1822 machte Berzelius bei seiner Untersuchung des Carlsbader Wassers darauf aufmerksam, dafs dasselbe in den 33 Jahren, die zwischen Klaproth's und seiner

Analyse verflossen sind, seine Zusammensetzung nicht im Geringsten verändert hat, denn die Abweichungen zwischen beiden Resultaten können nur als Fehler der Versuche angesehen werden. Nach Berzelius Untersuchung sind wiederum 23 Jahr verflossen, in welcher Zeit sich das Wasser in seinen Hauptbestandtheilen so vollkommen gleich geblieben ist, wie diefs gewifs bei nur wenigen andern Mineralwassern der Fall seyn wird.

Berzelius hat in seiner Untersuchung nicht unmittelbar die Menge der Kohlensäure im Wasser bestimmt, sondern nur angegeben, dafs es scheine, als enthalte wenigstens das Wasser des Sprudels, wenn es zu Tage kommt, etwas mehr Kohlensäure, als die der Bicarbonate, die im Wasser aufgelöst sind.

Es war interessant, die Menge der Kohlensäure zu bestimmen, die in dem versandten Wasser enthalten ist, da Herr Hecht dasselbe mit der möglichsten Sorgfalt beim gänzlichen Ausschlufs der atmosphärischen Luft füllen läfst. Herr Brooks versetzte das Wasser mit Ammoniak, und sodann mit Chlorbaryumauflösung, worauf nach völligem Absetzen der Niederschlag beim Ausschlufs der Luft filtrirt wurde. Derselbe wog 1,7455 Grm. aus 150,3 Grm. des Sprudelwassers. Mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure behandelt, hinterliefs er 0,647 Grm. schwefelsaurer Baryterde ungelöst, was wiederum 2,62 Th. schwefelsauren Natrons in 1000 Th. des Wassers entspricht. Aus der filtrirten Auflösung fällte verdünnte Schwefelsäure 1,254 Grm. schwefelsaurer Baryterde, die ein Aequivalent von 1,0607 Grm. kohlensaurer Baryterde ist. Der Unterschied von 1,0975 (welche von dem durch Chlorbaryumlösung erhaltenen Niederschlag nach Absatz der darin enthaltenen schwefelsauren Baryterde erhalten worden) und 1,0607 rührt von den durch Ammoniak gefällten Bestandtheilen des Wassers her, der kohlensauren und phosphorsauren Erdsalze, und einiger Fluorverbindungen. — Diese 1,0607 Grm. kohlensaurer Baryterde

entsprechen 1,581 Th. Kohlensäure in 1000 Theilen des Wassers.

Nach Berzelius beträgt in 1,000 Th. des Sprudelwassers die Menge der Kohlensäure im kohlensauren Natron 0,5229, in der kohlensauren Kalkerde 0,1349, in der kohlensauren Strontianerde 0,00029, in der kohlensauren Magnesia 0,0922, im kohlensauren Eisenoxydul 0,0014 und im kohlensauren Manganoxydul 0,00032 [1]) also im Ganzen 0,75199 Th. in 1000 Th. des Wassers. Diese sind aber nach Berzelius als Bicarbonate im Carlsbader Wasser vorhanden, weshalb die Menge der Kohlensäure verdoppelt, also auf 1,50398 Th. in 1000 Th. gebracht werden mufs. Diefs stimmt sehr gut mit dem Versuche des Herrn Brooks, aus welchem hervorgeht, dafs nicht nur alle kohlensauren Basen als Bicarbonate im Wasser enthalten sind, sondern dafs aufser diesen auch noch, wie Berzelius annimmt, etwas freie Kohlensäure darin vorhanden ist.

Hieraus erklärt sich auch die vollkommne Klarheit des versandten Wassers, und der Umstand, dafs es keine Spur eines Absatzes im Kruge zeigt.

Berlin, den 10. Mai 1845.

Heinr. Rose.

1) In der Uebersetzung der Abhandlung von Berzelius aus den *Vetenskaps Academiens Handlingar* für 1822 in Gilbert's Annalen steht als Druckfehler kohlensaures Eisenoxyd und kohlensaures Manganoxyd für kohlensaures Eisenoxydul und kohlensaures Manganoxydul.

XIII. *Ueber die Zersetzung der Schwefelcyan-Schwefelmetalle durch Schwefelwasserstoff;* *von Dr. C. Voelckel in Solothurn.*

In einer Abhandlung über die Zersetzung des Schwefelcyanammoniums (Annalen der Chemie und Pharmacie, Märzheft 1845) behauptet Liebig, dafs das Schwefelcyanblei und Schwefelcyankupfer durch Schwefelwasserstoff vollständig zerlegt werden, entgegen einer in meiner zweiten Abhandlung enthaltenen Angabe, wonach diese Salze nur in geringer Menge durch Schwefelwasserstoff verändert würden. Meine früher darüber angestellten Versuche habe ich nun wiederholt und bestätigt gefunden. Rührt man nämlich Schwefelcyanblei oder Schwefelcyankupfer mit Wasser an, und leitet Schwefelwasserstoff hindurch, so findet zwar, wie ich diefs schon früher angegeben habe, eine geringe Zersetzung statt, es wird unter Abscheidung von Schwefelmetall eine geringe Menge Schwefelblausäure frei; filtrirt man nun diese mit Schwefelwasserstoff gesättigte schwach saure Flüssigkeit ab, bringt nochmals Schwefelcyanblei oder Schwefelcyankupfer hinein, so bleiben dieselben mit vollkommen weifser Farbe darin, und werden, wenn man auch noch Schwefelwasserstoff hineinleitet und sie längere Zeit in verschlossenen Gefäfsen stehen läfst, nicht im Geringsten verändert. Diese Versuche sind so leicht anzustellen, dafs sich Jeder von ihrer Richtigkeit überzeugen kann. Hrn. Liebig beliebt es nun, diese Versuche als *liederliche* zu bezeichnen!!

In derselben Abhandlung findet sich Liebig veranlafst, meine anderen Arbeiten zu kritisiren, und zwar auf eine eigenthümliche Weise. Er reifst einige Stellen aus dem Zusammenhange, führt Zersetzungsschemate an,

die sich gar nicht in meinen Abhandlungen finden, und macht an einigen Stellen glauben, als sey hinsichtlich der Erklärung über die Bildung einzelner Körper bei der Zersetzung des Schwefelcyanammoniums in höherer Temperatur nicht auf alle Producte Rücksicht genommen worden, so namentlich beim Poliēn, Alphēnsulfid u. s. w. Es würde zu weit führen, wenn ich alles dieses berichtigen wollte, ich will es dem Leser überlassen, an den betreffenden Stellen nachzusehen, wo er sich leicht von dem Gegentheil überzeugen kann.

In meinen Abhandlungen wurde öfters angeführt, dafs die Schwefelblausäure mit Schwefelwasserstoff, wenn dieselben unter gewissen Bedingungen zusammenkommen, sich in Schwefelkohlenstoff und Ammoniak umsetzen. Es gründete sich diese Angabe auf mehrere Beobachtungen, die ich bei meinen Untersuchungen machte. Aber nicht blofs die wasserfreie Schwefelblausäure erleidet mit Schwefelwasserstoff diese Zersetzung, sondern auch die wasserhaltige; sättigt man verdünnte Schwefelblausäure mit Schwefelwasserstoff und läfst die Flüssigkeit in verschlossenen Gefäfsen längere Zeit stehen, so findet man, dafs sich beide in Schwefelkohlenstoff und Ammoniak zerlegt haben. Die Schwefelblausäure, die fertig gebildeten Schwefelwasserstoff enthält, erleidet schon für sich diese Veränderung, indem z. B. beim Erhitzen der Schwefelblausäure Schwefelkohlenstoff und Ammoniak als Zersetzungsproducte auftreten. Wenn sich daher auch Liebig noch so sehr gegen die Zersetzungsgleichung: $C_2 N_2 H_2 S_2 + H_4 S_2 = C_2 S_4 + N_2 H_6$ sträubt, und dieselbe für unrichtig erklärt, so bleibt sie doch richtig.

Liebig giebt über das Verhalten des Schwefelcyanammoniums in höherer Temperatur an, dafs dasselbe bei 145° C. schmilzt und bei 160° C. [1]) anfängt sich zu

1) Bei mehreren Bestimmungen mit chemisch reinem Schwefelcyanammonium habe ich gefunden, dafs dasselbe bei 170° C. anfängt zu schmelzen und bei 205° C. sich zu zersetzen.

zersetzen. Unter den Zersetzungsproducten soll weder freies Ammoniak, noch Cyanammonium, noch Schwefel sich finden. Diese Angaben stehen im Widerspruch mit Liebig's älteren Versuchen, so wie mit den von mir angestellten. Liebig sagt in seiner erstsen Abhandlung (diese Annalen, Bd. 34 S. 579): »Die Menge des Ammoniaks ist so beträchtlich, dafs aller Schwefelkohlenstoff als Gas diesem beigemengt bleibt und sich nicht verdichtet u. s. w.« Dasselbe Resultat habe ich gleichfalls bei meinen sämmtlichen Versuchen gefunden; die Entwicklung von Ammoniak beim Erhitzen des Schwefelcyanammoniums ist eben so stark, als beim Erwärmen einer Mischung von Kalk und Salmiak. Und nun soll sich plötzlich, nach Liebig's neueren Versuchen, kein freies Ammoniak entwickeln?! Entweder sind die älteren Angaben von Liebig unrichtig oder die neueren; ich glaube wohl die letzteren.

Zu meinen Versuchen wandte ich theils chemischreines Schwefelcyanammonium an, durch Sättigen von Schwefelblausäure mit Ammoniak erhalten; theils das durch Zersetzung von Schwefelcyankalium mit Salmiak gewonnene.

Letzteres ist, wie in meiner dritten Abhandlung angegeben ist, nicht rein, sondern enthält geringe Mengen von Chlorkalium und Salmiak. Die Angaben über den Temperaturgrad, bei dem es schmilzt und sich zersetzt, so wie über die Zersetzungsproducte, die dabei auftreten, sind aus Versuchen mit chemischreinem Schwefelcyanammonium entnommen. Ich habe diese Versuche so oft unter verschiedenen Umständen angestellt, stets aber die in meinen früheren Abhandlungen angeführten Resultate erhalten, dafs ich auch heute noch an denselben nichts ändern kann.

XIV. *Ueber das Vorkommen der Kobaltblüthe; von E. F. Glocker.*

In einer in mehrfacher Hinsicht sehr belehrenden Abhandlung »über die chemische Zusammensetzung der Producte der freiwilligen Zersetzung der Kobalt- und Nickelerze,« im 60. Bande dieser Annalen, S. 252 ff., sagt Hr. Kersten in Betreff des Vorkommens der Kobaltblüthe: Ungeachtet die Kobaltblüthe häufig auf Gängen und Lagern, auf welchen Speiskobalt bricht, vorkommt, so habe er doch nie ein Stück des letzteren gesehen, auf welchem Kobaltblüthe unmittelbar aufgesessen hätte; vielmehr finde sie sich meistens in Klüften auf Quarz, Schwerspath und Kalkspath, am häufigsten auf Quarz- und Chalcedondrusen, an denen kein Speiskobalt zu bemerken ist, während dagegen der Kobaltbeschlag auf den Kobalterzen, woraus er entstanden ist, als Ueberzug aufliege oder damit gemengt sey. Hr. Kersten glaubt, daſs diese verschiedene Art des Vorkommens zur Unterstützung seiner Ansicht diene, daſs Kobaltblüthe und Kobaltbeschlag sich auf ganz verschiedene Weise bilden.

Daſs Hr. Kersten in den Freiberger Sammlungen, deren Einsicht ihm zu Gebote stand und die gewiſs reich an Kobaltblüthen sind, keine Exemplare angetroffen hat, an welchem Kobaltblüthe auf Speiskobalt aufsitzt, war mir befremdend. Sollte wirklich kein solches Exemplar sich dort vorfinden? — Ich besitze ein derbes Exemplar von Speiskobalt von Schneeberg, auf welchem in einer schwachen und breiten Vertiefung sehr ausgezeichnete vollkommen frische, starkglänzende carmoisinrothe Kobaltblüthe, sowohl in sternförmig-breitstrahligen Partien als in nadelförmigen Krystallen, theils *unmittelbar* aufsitzt, theils nur durch eine ganz dünne Quarzlage, welche auch, indem

sie an der Oberfläche in ganz feine Krystallspitzen ausläuft, um die Kobaltblüthe herum sich weiter ausdehnt, von der Masse des Speiskobalts getrennt ist. Die sehr stark über den Speiskobalt hervorragende Kobaltblüthe zieht sich von der schwachen Vertiefung aus in eine enge Kluft hinein. An eben demselben Exemplare erblickt man au-fserdem noch mitten in dem derben Speiskobalt, nicht in einer Kluft, sondern *unmittelbar von demselben umschlossen*, eine kleine strahlige Partie von eben solcher Kobaltblüthe. Diese beiden Fälle zeigen also, dafs die wahre krystallinische Kobaltblüthe allerdings auch in unmittelbarster Berührung mit dem Speiskobalt vorkommt, wenn auch vielleicht dieses Vorkommen selten seyn mag.

Die Bildung, sowohl der krystallinischen Kobaltblüthe als des sogenannten Kobaltbeschlags, ist aber auch nicht immer und nicht nothwendig, wie Hr. Kersten vorauszusetzen scheint, an die Anwesenheit oder Nähe von Speiskobalt gebunden. Denn bei Röschitz, unweit Kromau im Znaymer Kreise Mährens, habe ich sowohl krystallinische kleinblättrige als feinerdige Kobaltblüthe oder Kobaltbeschlag in Form eines Ueberzugs auf schwärzlichgrünem körnigen Augit gefunden, welcher dem dunkelgrünen Kokkolith von Arendal vollkommen gleicht und eben so wie dieser auf einem Magneteisenerzlager vorkommt. Von Speiskobalt ist auf dieser Lagerstätte nirgends eine Spur zu sehen. Dieses Vorkommen, welches in meiner noch ungedruckten Oryktographie von Mähren schon längst aufgeführt ist, und, so weit meine Kenntnifs reicht, seines Gleichen bis jetzt nicht hat, dient zum Beweise, dafs die Kobaltblüthe, so wie der Kobaltbeschlag, nicht allein aus der Zersetzung von Speiskobalt hervorgeht, sondern auch ohne diesen, für sich selbst sich bilden kann.

XV. *Neue Erden in den Zirkonen; von L. Svanberg.*

(*Oefversigt af K. Vetenskaps-Acad. Förhandling.* 1845, *No.* 3, *p.* 34.)

Hr. L. Svanberg machte die Anzeige, dafs er, unterstützt von Hrn. E. C. Norlin, die Zirkonerde einer näheren Revision unterworfen habe. Dabei hat sich ergeben, dafs die Zirkonerde keine einfache Erde ist, sondern gleich dem, was die Untersuchungen in den letzteren Jahren von dem Ceroxyde, der Yttererde und Tantalsäure gelehrt haben, aus einem Gemenge von mehren Erden besteht, und diese Erden in den verschiedenen Zirkonen, je nach ihrem Fundort (z. B. Sibirien, Norwegen, Ceylon), und den mit dem Namen Hyacinth belegten Varietäten von Expailly in Frankreich, in ungleicher Menge vorkommen. Durch quantitative Bestimmung des relativen Verhältnisses zwischen Erde und Säure in einer Menge von schwefelsauren Salzen, welche auf verschiedene Weise bereitet waren (durch bruchweise Fällungen mit Oxalsäure aus Lösungen von Chlorzirkonium, bereitet sowohl aus dem (wasserhaltigen) Chlorzirkonium, der zu verschiedenen Zeiten herauskrystallisirte, als auch aus dem, der aus seiner Lösung in Salzsäure eben anschiefsen wollte, und wobei die Erden aus Zirkonen von verschiedenen Fundorten zu den Versuchen genommen wurden) zeigte es sich, dafs in jenem Verhältnifs ganz bedeutende Verschiedenheiten vorkommen, die sich nicht anders erklären liefsen, als dadurch, dafs darin verschiedene Erden mit verschiedenem Sauerstoffgehalt vorhanden waren.

Als solchergestalt die Atomgewichte bestimmt wurden, in der Annahme, dafs alle gefundenen Erden gemäfs der Formel $\dddot{R}$ zusammengesetzt seyen, fand sich, dafs dieselben im Allgemeinen zwischen den Zahlen 938 und 1320 schwankten, für gewisse dieser Erden aber, wiewohl mit kleinen Abweichungen, zwischen 1100 und 1150 eingeschlossen blieben.

Das bisherige Atomgewicht der Zirkonerde 1140 liegt ziemlich in der Mitte zwischen den beiden Extremen der neuen Zahlen, wodurch man zu der Meinung veranlafst

werden könnte, dafs die alte Zirkonerde zu gleichen Atomen aus den jetzt in gröfserer Reinheit abgeschiedenen Erden zusammengesetzt sey. Hr. S. glaubt jedoch nicht, dafs dem so sey, obwohl er den Gegenstand noch nicht detaillirt genug untersucht hat; es ist ihm bisher noch nicht geglückt, so scharf qualitative Verschiedenheiten zu entdecken, dafs darauf ein analytisches Verfahren zur Trennung der verschiedenen Erden begründet werden könnte; sicher sind indefs deren mehr als zwei vorhanden.

Obwohl es sich z. B. zeigte, dafs das oxalsaure Salz der einen Erde schwerer löslich in Säuren ist als das der anderen, und obwohl die Chlorverbindung des Radicals der einen Erde ebenfalls schwerer löslich in Salzsäure ist als die des Radicals der anderen, so gab diefs doch keine solche Trennungsmethode, dafs man die Reinigung der einen Erde von der andern dadurch bewerkstelligen könnte. Eben so ergab sich, dafs das schwefelsaure Salz der einen Erde, versetzt mit viel freier Schwefelsäure, weit leichter und in anderer Form krystallisirt als das schwefelsaure Salz der anderen Erde. Auch das Verhalten zu kohlensauren Alkalien ist ungleich. Ueberdiefs stellt sich bei Erhitzung der schwefelsauren Salze die Verschiedenheit heraus, dafs das Salz der einen Erde, nachdem zuvor die mechanisch eingemengte Schwefelsäure ausgetrieben worden, bei höherer Temperatur einen Theil seiner Schwefelsäure verliert und als ein bestimmtes basisches Salz zurückbleibt, während das schwefelsaure Salz einer anderen Erde sich bei derselben Behandlung in derselben Temperatur sich ganz anders verhält. Fügt man hinzu, dafs es Doppelsalze von ungleichem Habitus giebt zwischen den Chloriden der Erd-Radicale, so wie zwischen diesen und denen der Alkali-Radicale, so ergiebt sich daraus ein hinreichender Beweis vom Daseyn verschiedenartiger Erden, die bisher mit dem gemeinsamen Namen Zirkonerde umfafst wurden, die genauer zu trennen bisher aber noch nicht geglückt ist.

Schon die bedeutende Verschiedenheit in dem specifischen Gewicht der Zirkone von verschiedenen Fundorten könnte auf einen wesentlichen Unterschied in ihrer inneren Constitution schliefsen lassen, und gleiches gilt von der Verschiedenheit in der Härte einiger Zirkone. Die Verschiedenheiten in beiderlei Hinsicht sind gröfser als

dafs sie einigen Procenten Eisenoxyd, die ein Zirkon mehr als der andere enthält, zugeschrieben werden könnten.

Die erste Veranlassung zur näheren Untersuchung des in Rede stehenden Stoffs gab die schon vor längerer Zeit gemachte Beobachtung des Hrn. S., dafs der in der Umgegend von Stockholm vorkommende Zirkon ein bedeutend geringeres spec. Gewicht (=4,03) und eine geringere Härte (er wurde mit Leichtigkeit vom Quarz geritzt) besitzt als andere Zirkone; als er sich in dieser Hinsicht mit den Eigenschaften der Zirkonerde vertraut zu machen suchte, ergab sich, dafs sie bei der aus diesem Zirkon ganz von den bisherigen Angaben abweichen. Da Hr. S. sich keine zu dieser Untersuchung hinreichende Menge von Stockholmer Zirkonen verschaffen konnte, mufste er hauptsächlich mit norwegischen Zirkonen arbeiten; deshalb schlägt für die von der Zirkonerde verschiedene Erde den Namen *Norerde* vor, von *Nore*, dem alten Namen unseres Bruderreiches, wonach also das Radical der Erde *Norium* heifsen würde. Indefs hat Hr. S. sich versichert, dafs der nordische Zirkon nicht der einzige ist, in welchem die neue Erde vorkommt.

[*Nachschrift.* Aufserdem enthält dasselbe Stück des academischen Berichts eine Notiz von Hrn. L. Svanberg unter dem Titel: *Einige fragmentarische Nachrichten von einem neuen Stoff im Eudialyt*, welche, ungeachtet sie ebenfalls nur kurz ist, doch für dieses Heft zu lang seyn würde, und deshalb bis zum nächsten Heft zurückgelegt werden mufste. *P.*]

XVI. *Ueber die Atomgewichte des Schwefels und des Goldes; von J. Berzelius.*

(Ebendaselbst, 1845, *No.* 4, *p.* 85.)

Das Atomgewicht des *Schwefels* ist auf Grund der schon 1818 angestellten Versuche des Freiherrn Berzelius zu 201,16 angenommen worden. Im Laufe des letzt verflossenen Jahres haben die HH. Erdmann und Marchand durch eine Analyse des Zinnobers sich zu der Annahme berechtigt gehalten, dafs dasselbe genau 200 sey; allein da das Atomgewicht des Quecksilbers, aus dem sie es berechneten, zu den am schwersten mit voller Genauigkeit zu bestimmenden gehört, und diese Chemiker überdiefs eine Vorliebe zur Abrundung der Atom-

gewichte auf genaue Multipla von 12,50, dem Atomgewicht des Wasserstoffs, zeigen, so sah sich Hr. B. zu neuen Versuchen aufgefordert, um zu ermitteln, ob diese Abrundung zulässig sey.

Hr. Freiherr B. hat nun die älteren Versuche, in denen das Atomgewicht aus dem schwefelsauren Bleioxyd hergeleitet wurde, zusammengestellt, und aus den besten von ihnen die Mittelzahl gezogen; nach einer kleinen, durch spätere Versuche veranlafsten Berichtigung im Atomgewicht des Bleis, wird solchergestalt das Atomgewicht des Schwefels =200,8.

Da das Atomgewicht des Chlorsilbers durch Marignac's Versuche mit grofser Genauigkeit bestimmt worden ist, hielt Hr. B. es für das Beste, eine gewogene Menge Chlorsilber durch gelinde Erhitzung in Schwefelwasserstoffgas in Schwefelsilber zu verwandeln, und daraus das Atomgewicht des Schwefels zu berechnen. Durch diese Versuche, welche unter sich nur wenig abwichen, ergab sich das letztere Atomgewicht =200,75, welches ganz nahe mit dem Mittelresultat der älteren Versuche übereinstimmt. Diese kleine Veränderung im Atomgewicht des Schwefels hat Einflufs auf das vom Arsen, Fluor, Tantal, Thorium, Zirconium, Aluminium, Magnesium und Calcium, da sie alle aus Verbindungen mit Schwefel oder Schwefelsäure hergeleitet worden sind.

Das ältere Atomgewicht 201,16 war abgeleitet aus einem einzigen der früheren Versuche, der für den zuverlässigsten gehalten wurde.

Das Atomgewicht des *Goldes* war aus dem Gewicht des Goldes bestimmt worden, welches ein gegebenes Gewicht Quecksilber aus dem Goldchlorid niederschlug. Nach diesem Versuche wurde es =2486,026 gefunden. Da aber das Atomgewicht des Quecksilbers nicht mehr für einen sicheren Ausgangspunkt angesehen werden kann, so wählte Hr. B. als Grundlage einer neuen Bestimmung, die Zusammensetzung eines durch mehrmalige Umkrystallisirung wohl gereinigten Kalium-Goldchlorids $=\dot{K}Cl + AuCl^3$, welches, durch Wasserstoff reducirt, Chlorkalium und Gold hinterläfst, die sich mit quantitativer Genauigkeit trennen lassen. Dann verhält sich das Gewicht des Chlorkaliums zu dem des Goldes $= KCl : Au$. Die Mittelzahl dieser Versuche war =2458,33.

1845. ANNALEN №. 7.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXV.

I. *Hygrometrische Studien;*
von Hrn. V. Regnault.

(Schluſs von S. 158.)

Zweiter Theil. Von den angewandten Verfahrungsweisen zur Bestimmung der Sättigungsstufe der Luft.

Ich unterscheide vier Hauptmethoden, mittelst deren man diese Bestimmung ausführen kann: 1) die chemische Methode, 2) die Methode der Hygrometer aus organischen Substanzen, die sich durch Feuchtigkeit verlängern, 3) die Methode der Condensations-Hygrometer, und 4) die Methode des Psychrometers, d. h. der gleichzeitigen Beobachtung zweier Thermometer, eines mit trockener, und eines mit benäſster Kugel.

I. Chemische Methode.

Nach den Einzelheiten, in die ich S. 148 u. ff. eingetreten bin, um die von mir unternommenen Versuche zur Bestimmung des bei Sättigung in der Luft enthaltenen Wassergewichts zu erläutern, habe ich über die chemische Methode wenig zu sagen. Wendet man diese Methode an, um die Menge der an einem gegebenen Ort in der Luft enthaltenen Feuchtigkeit zu bestimmen, so muſs man die Luft dieses Orts mittelst einer langen Röhre in die Trockenröhren aufsaugen. An demselben Ort stellt man ein sehr empfindliches Thermometer auf, und beobachtet dasselbe von weitem mittelst eines Fernrohrs von fünf zu fünf Minuten. Die Aenderungen der Temperatur sind insgemein gröſser und rascher als bei den Ver-

suchen mit dem Staucher, S. 152, und es ist oft nöthig, das Ausfliefsen aus dem Aspirator zu beschleunigen.

Die chemische Methode giebt nicht die Menge Feuchtigkeit, die zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Luft vorhanden ist, sondern die mittlere Menge, welche die Luft während des Versuchs enthält. Uebrigens ist diese Methode ganz strenge, und zum Studium des Ganges anderer Hygrometer sehr nützlich. Belege dazu werden wir sehen, wann wir uns mit dem Hygrometer beschäftigen. Allein sie ist zu umständlich, als dafs sie in meteorologischen Observatorien oft angewandt werden könnte.

II. Von den Hygrometern aus organischen Substanzen oder den Absorptions-Hygrometern.

Sehr viele organische Substanzen verlängern sich beträchtlich, wenn die Feuchtigkeit in der Luft zunimmt, und verkürzen sich, wenn sie abnimmt. Diese Eigenschaft hat man benutzt, um Instrumente zu construiren, die den Feuchtigkeitsgrad der Luft unmittelbar angeben. Man hat zu diesem Behufe die mannigfachsten Substanzen vorgeschlagen; allein alle diese Instrumente sind mehr Hygroskope als Hygrometer. Sie leiden an dem wesentlichen Mangel, nicht vergleichbar zu seyn, und deshalb hat man sie verlassen.

Nur das Haarhygrometer ist der allgemeinen Vergessenheit entgangen, Dank der Ausdauer seines Erfinders, der zahlreiche Versuche unternahm, um es vergleichbar zu machen, und ihm eine Skale zu geben, nach welcher man die Sättigungsstufe der Luft berechnen kann.

Das Saussure'sche Hygrometer hat sich in den ersten Jahren einer grofsen Gunst unter den Physikern erfreut; allein die Einwürfe kamen hinterher. Man warf dem Instrumente vor, es sey äufserst zerbrechlich, und seine Graduirung komme mit der Zeit in Unordnung. Einige Physiker behaupteten gar, das Haar verliere seine Empfänglichkeit mit der Zeit vollständig. Dazu kam, dafs

nach dem Tode Saussure's die Künstler bald die Ueberlieferungen dieses geschickten Physikers vergafsen, und die wichtigsten seiner Vorschriften bei Seite setzten.

Indefs besitzt das Saussure'sche Hygrometer für meteorologische Beobachtungen so grofse Vorzüge vor den übrigen hygrometrischen Methoden, dafs ich ungeachtet der sehr starken Vorurtheile, die ich gegen dasselbe hegte, doch nicht anstand, durch gehörige Versuche mich zu überzeugen, bis wie weit es genaue Angaben liefere.

Ich werde in wenig Worten Saussure's Vorschriften zur Construction des Haarhygrometers aufzählen.

Man mufs feine, weiche, nicht krause Haare nehmen, geschnitten von einem lebenden und gesunden Kopf. Um sie zu entfetten, macht man daraus ein Päckchen von der Dicke eines Federkiels, näht dasselbe in Leinwand ein, und läfst es in einem langhalsigen Kolben mit 1 Loth Wasser und 10 Grm. krystallisirter Soda kochen. Man unterhält das Sieden 30 Minuten lang, nimmt darauf den Sack heraus, und wäscht darin die Haare mehrmals einige Minuten lang mit reinem Wasser. Nun schneidet man den Sack auf, nimmt die Haare heraus, und schwenkt sie in einem grofsen Gefäfs mit kaltem Wasser hin und her, um die Waschung zu vollenden, und sie von einander abzulösen. Endlich hängt man sie auf und trocknet sie.

Die wohl ausgelaugten Haare sind sauber, weich, glänzend, durchscheinend und nicht an einander haftend.

Das Gewicht, welches das Haar spannt, darf nicht 0,2 Grm. übersteigen. Saussure bemerkt, dafs ein nur mit 0,6 Grm. belastetes Haar zwar anfangs ziemlich regelmäfsig geht, sich aber nach einiger Zeit auszieht, und dann einen unregelmäfsigen Gang annimmt.

In den gewöhnlichen tragbaren Hygrometern beträgt die Länge des Haars 24 Centimeter, und die Rolle, um welche es geschlungen ist, hat etwa 5 Millimeter Durchmesser.

Den Punkt der äufsersten Feuchtigkeit bestimmt man,

indem man das Instrument unter eine inwendig benäfste Glocke bringt.

Um den Punkt der äufsersten Trockenheit zu erhalten, empfiehlt Saussure, Weinstein auf ein cylinderförmig gekrümmtes Blech zu streuen, und auf demselben zu glühen, wodurch sich dann das Blech mit einer Schicht von dem sehr wassergierigen kohlensauren Kali überzieht. Man bringt nun das Blech unter eine recht trockene Glocke, und hängt mitten darin das Hygrometer auf.

Der Abstand zwischen dem Punkt der äufsersten Trockenheit und dem der äufsersten Feuchtigkeit wird in 100 Grade getheilt.

Gegenwärtig hält man sich bei der Construction des Instruments, was die Dimensionen der Theile desselben betrifft, so ziemlich an die Vorschriften Saussure's; allein man belastet das Instrument stärker, oft mit einem bis zu 1,8 Grm. steigenden Gewicht, welches mehr als drei Mal so grofs ist wie das, welches Saussure als Maximum angiebt. Diefs ist tadelnswerth, denn es erhöht sicher die Unregelmäfsigkeiten, welche man dem Haarhygrometer vorwirft.

Ich habe an der Saussure'schen Construction nichts Wesentliches zu ändern gefunden; nur glaube ich, es sey besser, die Haare dadurch zu entfetten, dafs man sie 24 Stunden in einer mit Aether gefüllten Röhre liegen läfst. Man bewahrt dadurch den Haaren ihre ganze Haltbarkeit, und sie erlangen beinahe dieselbe Empfindlichkeit, wie wenn sie durch eine siedende Lösung von kohlensaurem Natron entfettet worden wären.

Den Punkt der Trockenheit bestimme ich, indem ich das Hygrometer in einen Glascylinder bringe, auf dessen Boden sich eine dicke Schicht concentrirter Schwefelsäure befindet, und den ich oben durch eine mattgeschliffene, eingefettete Glasplatte hermetisch verschliefse. Ich finde, dafs die concentrirte Schwefelsäure die voll-

ständige Austrocknung rascher bewerkstelligt als gebrannter Kalk oder Chlorcalcium; der Zeiger beschreibt zwei oder höchstens drei Grad. Bei den von mir angewandten Instrumenten ist die Graduirung des Kreises eine willkührliche, und ich bringe die beobachteten Theilpunkte durch Rechnung auf Hygrometergrade zurück.

Die Hygrometergrade zeigen nicht unmittelbar die Sättigungsstufen an. Die Beziehungen zwischen beiden kann man nicht anders als durch directe Versuche finden. Schon Saussure suchte eine derartige Tafel zu entwerfen. Später haben sich die HH. Dulong, Gay-Lussac und Melloni mit demselben Gegenstand beschäftigt, und die Elemente der Tafeln durch verschiedene Methoden bestimmt. Allein alle diese Tafeln beziehen sich auf das individuelle Hygrometer, welches gerade der Experimentator vor sich hatte, und es bleibt noch zu entscheiden, ob Instrumente, die von verschiedenen Künstlern oft unter sehr verschiedenen Umständen angefertigt wurden, dadurch allein unter sich vergleichbar sind, dafs man ihre Festpunkte auf einerlei Weise bestimmt. Saussure behauptet, er habe zwischen zwei nach seiner Methode construirten Hygrometern niemals gröfsere Unterschiede als 3 bis 4 Grade beobachtet. Nimmt man dieses auch als richtig an für Instrumente, die, wie die von Saussure, mit gröfster Sorgfalt und unter vollkommen identen Umständen construirt sind, so wird man doch zugeben, dafs die Uebereinstimmung bei den gewöhnlich von Mechanikern angefertigten Instrumenten geringer ist.

Zuvörderst stellte ich mir die Fragen:

1) Sind Hygrometer aus einerlei Art von Haaren, die in einer und derselben Operation entfettet wurden, strenge vergleichbar?

2) Sind es Hygrometer aus verschiedenen Haaren, die aber in einer und derselben Operation entfettet wurden?

3) Sind endlich Hygrometer aus verschiedenen Haaren, die in verschiedenen Operationen, oder durch verschiedene Processe entfettet wurden, auch noch vergleichbar?

Um die erste dieser Fragen zu beantworten, beobachtete ich unter sehr mannigfaltigen Umständen eine große Anzahl Hygrometer, die Hr. Bunten frisch construirt hatte, und so gut war, mir zu diesem Behufe zu meiner Verfügung zu stellen. Alle diese Hygrometer hatten Haare von einerlei Art, entfettet in einer und derselben Operation.

Die erste Reihe von Beobachtungen wurde in freier Luft gemacht, an drei dieser Hygrometer und an einem vierten, sehr alten, das von Paul in Genf verfertigt worden, und dem physikalischen Kabinet des *Collége de France* gehört. Diese vier Instrumente wurden zugleich in denselben Gefäßsen hinsichtlich ihrer Festpunkte geregelt. Die Tafel I. enthält ihre gleichzeitigen Angaben.

Tafel I.

Hygrometer von Bunten. 1.	2.	3.	Hygromet. v. Paul.
72°,0	71°,4	72°,7	60°,9
71 ,7	71 ,0	72 ,7	60 ,9
75 ,9	74 ,8	75 ,0	64 ,4
79 ,1	78 ,0	77 ,6	67 ,1
80 ,3	79 ,5	78 ,4	71 ,2
77 ,0	76 ,7	75 ,0	71 ,8
74 ,8	75 ,0	74 ,2	65 ,6
71 ,6	71 ,9	71 ,1	62 ,9
75 ,7	75 ,7	74 ,8	66 ,1
78 ,0	78 ,1	77 ,0	68 ,6
81 ,4	80 ,9	80 ,3	72 ,3
80 ,6	80 ,3	78 ,5	71 ,6
87 ,6	87 ,2	85 ,0	78 ,6
88 ,8	88 ,8	86 ,3	79 ,9
90 ,0	90 ,0	87 ,5	82 ,5
89 ,1	89 ,1	87 ,5	81 ,7
90 ,2	90 ,0	88 ,3	83 ,3
86 ,4	85 ,2	86 ,7	80 ,7
91 ,6	91 ,3	88 ,9	84 ,1
88 ,8	87 ,9	85 ,2	81 ,1

Eine zweite Beobachtungsreihe machte ich an drei anderen Hygrometern von Bunten und demselben Hygrometer von Paul, indem ich die vier Instrumente in einen Glascylinder stellte, der eine Schicht mehr oder weniger verdünnter Schwefelsäure enthielt und hermetisch verschlossen wurde. So wurden die Resultate der Tafel II. erhalten.

Tafel II.

Bunten'sche Hygrometer.			Paul'sches
4.	5.	6.	Hygromet.
10°,2	12°,0	11°,3	10°,4
23 ,0	23 ,9	23 ,6	17 ,5
35 ,9	38 ,1	36 ,2	27 ,4
55 ,6	57 ,6	55 ,6	42 ,6
67 ,3	69 ,5	66 ,8	52 ,0
75 ,8	77 ,6	75 ,1	60 ,3
82 ,4	83 ,6	81 ,8	66 ,9
84 ,8	86 ,2	84 ,1	70 ,0
92 ,6	93 ,8	92 ,4	81 ,8
98 ,4	99 ,5	98 ,4	92 ,6

Endlich wurden fünf andere, aber mit derselben Art von Haaren versehene Bunten'sche Hygrometer zugleich in Einen Glascylinder gebracht, welcher successive verschiedene Gemenge von Schwefelsäure und Wasser enthielt. Die erhaltenen Zahlen finden sich in Tafel III.

Tafel III.

Bunten'schen Hygrometer.				
7.	8.	9.	10.	11.
21°,1	19°,9	18°,7	21°,3	20°,7
41 ,1	41 ,3	39 ,4	42 ,2	41 ,1
58 ,4	58 ,3	56 ,2	59 ,5	58 ,6
66 ,3	67 ,3	65 ,1	68 ,7	67 ,9
79 ,3	80 ,7	78 ,5	82 ,2	81 ,4
89 ,1	90 ,9	88 ,6	91 ,5	91 ,1
94 ,2	95 ,8	94 ,2	96 ,0	95 ,6

Aus diesen Tafeln sieht man, daſs die Hygrometer des Hrn. Bunten auf eine genügende Weise mit einander übereinstimmen, denn die gröſste Abweichung steigt

nur auf 3 Grad. Man wird auch bemerken, daſs wenn ein Hygrometer einen Grad mehr als ein anderes angiebt, sich bei allen übrigen Beobachtungen ein Unterschied in gleichem Sinne zeigt.

Daraus schlieſse ich, *daſs Hygrometer, construirt mit einerlei Art Haaren, die in einer Operation entfettet wurden, zwar nicht strenge übereinstimmend gehen, aber doch so weit, daſs sie für die meisten Beobachtungen als vergleichbar betrachtet werden können.*

Vergleicht man in den Tafeln I. und II. die Angaben des Paul'schen Hygrometers mit denen der Bunten'schen, so findet man so groſse Unterschiede, daſs es unmöglich ist, diese Instrumente für vergleichbar zu erklären, selbst bei Beobachtungen, bei denen man sich mit groben Annäherungen begnügen würde.

Man wird vielleicht einwerfen, das Paul'sche Hygrometer wäre sehr alt und in Folge deſs das Haar sehr verändert. Es ist mir unmöglich, zu entscheiden, ob dieſs Hygrometer in den ersten Zeiten nach seiner Anfertigung den nämlichen Gang zeigte, den wir vorhin beobachteten; allein ich kann versichern, daſs dieſs Instrument eben so empfindlich und regelmäſsig in seinem Gange ist, als eins der jüngeren Hygrometer, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte.

Jedenfalls beweist schon diese eine Beobachtung, *daſs Hygrometer, construirt mit Haaren von verschiedener Natur und verschiedener Zubereitung, sehr groſse Unterschiede in ihren Angaben darbieten können, selbst wenn sie an den Festpunkten mit einander stimmen.*

Diese Ungleichheit des Ganges hängt wahrscheinlich zum groſsen Theil von der Zubereitungsweise des Haares ab, vielleicht auch von der Länge seines Gebrauchs im Instrument. In der That habe ich mich überzeugt, daſs Haare von sehr verschiedener Natur, die aber in einer und derselben Operation ausgelaugt worden, keine groſse Unregelmäſsigkeiten in ihrem Gange darbieten.

Fünf an Farbe und Feinheit möglichst verschiedene Arten von Haaren wurden in einer und derselben Operation genau nach den Vorschriften Saussure's entfettet, auf fünf unter sich ähnliche Rähme gezogen, und hinsichtlich ihrer Festpunkte zugleich in einem und demselben Gefäfs bestimmt. Hierauf brachte man diese Instrumente in ein Gefäfs, welches folgweise eine mehr oder weniger verdünnte Schwefelsäure enthielt.

Bunten'sche Hygrometer.

12.	13.	14.	15.	16.
19°,6	23°,4	24°,4	21°,9	21°,5
51 ,3	54 ,6	55 ,0	54 ,2	53 ,3
63 ,4	67 ,3	67 ,0	68 ,3	67 ,6
77 ,8	80 ,6	80 ,4	80 ,7	80 ,3

No. 13 und 14 stimmen in ihrem Gange vollkommen mit einander überein, eben so No. 15 und 16, nur No. 12 lieferte stets geringere Angaben. Die gröfsten Unterschiede zwischen den Angaben dieser fünf Hygrometer belaufen sich auf fünf Grade.

Die Gesammtheit dieser Beobachtungen zeigt die Unmöglichkeit, eine genaue, für alle Hygrometer gültige Tafel zu berechnen, und es ist daher wünschenswerth, dafs den Beobachtern ein einfaches Verfahren zu Gebote stehe, mittelst dessen sie selbst die Tafel für ihre Hygrometer entwerfen, und die Graduirung ihres Instruments so oft, als sie es wünschen, berichtigen können. Ich will ein Verfahren beschreiben, das mir diesen Bedingungen vollkommen zu genügen scheint.

Ich bereitete Gemische von Schwefelsäure und Wasser in verschiedenen bestimmten Verhältnissen, so dafs folgende Hydrate entstanden:

$SO_3 + 2H_2O$ $SO_3 + 3H_2O$ $SO_3 + 4H_2O$
$SO_3 + 5H_2O$ $SO_3 + 6H_2O$ $SO_3 + 8H_2O$
$SO_3 + 10H_2O$ $SO_3 + 12H_2O$ $SO_3 + 18H_2O$

Diese Gemische wurden durch eine strenge chemische Analyse geprüft, und man berichtigte allemal ihre

Zusammensetzung, wenn die Analyse zeigte, dafs sie merklich von der beabsichtigten abwich. Mit gröfster Sorgfalt bestimmte ich auch nach dem in meiner Abhandlung über die Spannkraft des Wasserdampfs gegebenen Verfahren die Spannkraft des Wasserdampfs dieser Gemische für Temperaturen zwischen 0° und 50° C. Ich construirte die von diesen Versuchen gelieferten Curven graphisch, und bestimmte, mittelst drei gleichabständigen Resultaten, die drei Constanten der Formel $f = a_1 + a_2 \beta^t$.

Auf diese Weise habe ich für jedes Gemisch von Schwefelsäure eine Interpolationsformel erhalten.

Mittelst dieser Formeln habe ich eine allgemeine Tafel [1]) construirt; dieselbe enthält die Spannungen des Wasserdampfs dieser verschiedenen Schwefelsäure-Gemische für jeden Grad von +5° bis 35° C., und daneben die Verhältnisse dieser Spannungen zu denen des Dampfs von reinem Wasser bei derselben Temperatur, oder anders gesagt, die Sättigungsstufen, welche jene Gemische hervorbringen.

Der Gebrauch dieser Tafel zur Graduirung des Haarhygrometers ist nun folgender. Man bestimmt am Hygrometer den Punkt der äufsersten Feuchtigkeit. Für ganz unnütz halte ich den Punkt der äufsersten Trockenheit zu bestimmen, da man diesem bei den Beobachtungen niemals nahe kommt. Ich betrachte auch den Punkt, auf welchem das Hygrometer sich in vollständig trockner Luft einstellt, nicht als dem Haar in seinem normalen Zustande angehörig; er wird erst nach vielen Tagen erreicht, lange nachdem die Luft vollständig ausgetrocknet worden ist. Dieser Umstand beweist hinlänglich, dafs das Haar sich in einer vollkommen trocknen Luft anomal zusammenzieht, vielleicht bis in's Unbestimmte, denn ich habe bei einem Hygrometer, welches in einem Glase über concentrirter Schwefelsäure befindlich war, noch nach drei Monaten eine Verkürzung beobachtet, freilich eine sehr

1) Hr. R. verspricht, diese Tafel in den *Ann. de chim. et de phys.* mitzutheilen; so wie sie erscheint, werden wir sie nachliefern. *P.*

unbeträchtliche, denn es bedurfte mehr als vierzehn Tage, damit der Zeiger einen Grad beschrieb.

Ich setze voraus, das Hygrometer werde in einer Gegend gebraucht, wo die Sättigungsstufe der Luft niemals unter ein Viertel falle; ich beginne die Graduirung erst von diesem Punkte aus. Ich bringe das Hygrometer in ein cylindrisches Glasgefäfs, dessen obere Oeffnung durch einen Glasstöpsel genau verschliefsbar ist. Auf den Boden dieses Gefäfses bringe ich anfangs reines Wasser, dann successive 2 bis 3 Centimeter hohe Schichten von folgenden Gemischen:

$SO_3 + 18 H_2O \quad SO_3 + 12 H_2O \quad SO_3 + 10 H_2O$

$SO_3 + 8 H_2O \quad SO_3 + 6 H_2O \quad SO_3 + 5 H_2O$,

und beobachte in allen diesen Fällen den Stand des Hygrometers und den eines daran befestigten Thermometers.

Nun nehme ich aus der Tafel die Sättigungsstufen, die jedem der Gemische bei den beobachteten Temperaturen entsprechen. Auf diese Weise erhalte ich die vom Haarhygrometer angegebenen Grade für genau bestimmte und fast gleichmäfsig über die Skale ausgebreitete Sättigungsstufen, habe folglich alle erforderlichen Elemente, um durch Interpolation die Tafel meines Hygrometers zu berechnen.

Sonach kann das Hygrometer von jedem Beobachter graduirt werden. Die Zubereitung der normalen Schwefelsäure-Gemische kann keine Schwierigkeit darbieten. Am besten bereitet man sie, wenn man käufliche Schwefelsäure mit so viel Wasser versetzt, dafs man das Gemisch $SO_3 + 4 H_2O$ bekommt. Dabei entwickelt sich viel Wärme, und da demnach immer Wasser verdampft, besitzt die Flüssigkeit nie den rechten Gehalt. Man ermittelt daher durch eine sehr sorgfältige Analyse die Zusammensetzung dieser Flüssigkeit, und bedient sich ihrer alsdann zur Darstellung der übrigen Gemische.

In wohl verschlossenen Gefäfsen kann man diese

Flüssigkeiten sehr lange aufbewahren, und sich derselben zur Graduirung des Instruments so oft man will bedienen.

Die wichtigste Bedingung ist, den Glashafen mit dem Hygrometer an einen Ort zu stellen, wo die Temperatur nur sehr langsam wechselt, damit die Flüssigkeit wirklich die vom Thermometer angezeigte Temperatur besitze. Zu diesem Behufe stelle ich den Glashafen in einen Holzkasten, der seitwärts eine Thür hat, die man nur im Moment der Beobachtung öffnet.

Es ist leicht, den Deckel des Glases mit einer Metallfassung zu versehen, mittelst dessen es zum Evacuiren mit einer Luftpumpe verbunden werden kann. Ich habe gefunden, dafs das Hygrometer über demselben Gemische und bei derselben Temperatur in der Luft und im Vacuo dieselbe Angabe liefert, dafs es aber im Vacuo einen weit rascheren Gang hat, und nur wenige Minuten erfordert, um einen festen Stand zu erreichen, selbst wenn die Sättigungsstufe nur sehr gering ist.

Ich habe zur Bildung der Hygrometertafel einen anderen zwar schwieriger ausführbaren Procefs angewandt, der aber erlaubt die Graduirung in sehr kurzer Zeit zu vollziehen, und dieselbe bei verschiedenen Temperaturen mit grofser Genauigkeit zu studiren.

Eine Glasglocke *VV'*, etwa 15 Litre fassend, ruht auf einem Sockel von Gufseisen, in einer Nuthe, die mit einem leicht schmelzbaren Kitt ausgegossen worden, wodurch sie unten hermetisch verschlossen ist. Diese Glocke trägt eine Fassung *A* mit mehreren Tubulaturen. Die mittelste derselben *o* umschliefst ein sehr genaues Thermometer; an die zweite sind gelöthet: erstlich ein Bleirohr *cd*, welches zum barometrischen Manometer führt, und dann ein Rohr *ef*, welches mit der Luftpumpe verbunden ist; die dritte Tubulatur endlich, die einen Hahn besitzt, ist durch Kittung mit einem kleinen Ballon voll Wasser verbunden.

Die Glocke wird in ein gröfseres Gefäfs voll Wasser gestellt, und letzeres wiederum in einen gufseisernen Kessel voll Wasser, das mittelst einer Weingeistlampe erwärmt wird, wenn man das die Glocke umgebende Wasser auf eine feste und höhere Temperatur, als die der umgebenden Luft, erheben will.

Unter die Glocke habe ich vier Hygrometer gebracht; zwei versehen mit Haaren, die durch eine Lösung von kohlensaurem Natron zubereitet worden; eins mit einem Haare, das durch Aether entfettet worden; und ein viertes endlich, worin ein Coconfaden aufgezogen war.

Man evacuirt erstlich bei geöffnetem Hahn r, dann schliefst man diesen Hahn, und evacuirt sehr oft, wobei man jedes Mal trockne Luft sehr langsam eintreten läfst, und trocknet sonach die Glocke vollständig aus. Endlich evacuirt man noch so vollständig wie möglich, und trennt die Luftpumpe ab.

Man mifst am Kathetometer den Höhenunterschied der beiden Säulen des barometrischen Manometers, wodurch man die Spannkraft der im Apparat zurückgebliebenen trocknen Luft findet. Man versichert sich, dafs das Vacuo sich vollkommen hält.

Um in die Glocke eine kleine Menge Feuchtigkeit zu bringen, öffnet man den Hahn r auf einige Augenblicke, und schliefst ihn dann wiederum. Die Spannung des eingeführten Dampfs mifst sich durch den Unterschied der Kuppen beider Quecksilbersäulen. Das Wasser um die Glocke wird häufig bewegt, und auf einer stationären Temperatur erhalten.

Die Hygrometer nehmen ihren Gleichgewichtszustand sehr rasch an. Wenn es geschehen, notirt man ihren und des Thermometers T' Stand, und mifst die Spannkraft des Wasserdampfs.

Um eine neue Menge Dampf einzuführen, öffnet und schliefst man den Hahn r, wiederholt dieselben Bestim-

mungen, und so fort, bis der Raum auf den Sättigungszustand gebracht ist.

Da die Temperatur sich während der Versuche nicht merklich geändert hat, so erhält man über die Hygrometergrade eine Tafel für verschiedene Sättigungsstufen, die einer selben Temperatur entsprechen.

Es ist leicht, eine zweite Reihe von Bestimmungen bei höherer Temperatur zu machen, indem man die Glocke abermals austrocknet, und auf beschriebene Weise verfährt. Man kann sich alsdann versichern, ob die beiden Tafeln, welche man nun hat, identisch sind.

Sucht man nur für ein Hygrometer eine Tafel zu entwerfen, so braucht man nicht die Glocke in Wasser zu halten, sondern kann die Versuche in der Temperatur der umgebenden Luft anstellen; doch mufs diese Temperatur etwas hoch seyn, denn bei sehr niedrigen Temperaturen sind die Spannkräfte des Wasserdampfs zu klein, als dafs man sie mit hinreichender Genauigkeit messen könnte.

III. Von den Condensations-Hygrometern.

Le Roy, von Montpellier, hat zur Bestimmung des hygrometrischen Zustandes der Luft zuerst vorgeschlagen, Wasser in einem Gefäfse durch Zusatz kleiner Mengen Eis so weit zu erkälten, bis auf der Aufsenwand sich ein Niederschlag zu bilden anfängt. Die Temperatur, welche das Wasser in diesem Momente zeigt, ist diejenige, bei welcher die Luft durch den in ihr enthaltenen Wasserdampf vollständig gesättigt seyn würde. Bezeichnet t die Temperatur der umgebenden Luft, t' die des Wassers im Gefäfse, f und f' die diesen Temperaturen entsprechenden Spannkräfte des Wasserdampfs, so wird $\frac{f'}{f}$ die Sättigungsstufe der Luft seyn.

In den meisten Fällen hält es schwer, das zu diesem Versuche nöthige Eis zu bekommen. Einige Physiker

haben daher vorgeschlagen, die Senkung der Temperatur des Wassers im Gefäfs durch Auflösung gewisser Salze, wie salpetersaures Ammoniak, zu bewerkstelligen. Allein wenn die Luft sehr trocken und die Temperatur sehr hoch ist, hält es oft schwer, die Temperatur so weit zu erniedrigen, dafs ein Thaubeschlag entsteht.

Das Verfahren von Le Röy ist erst brauchbar geworden durch das Condensations-Hygrometer von Daniell. Bekanntlich besteht diefs Instrument aus zwei Kugeln *A* und *B*, die durch eine weite gekrümmte Röhre verbunden sind. Die Kugel *A* ist etwas über ihre Hälfte mit Aether gefüllt, und die Röhre enthält ein sehr empfindliches Thermometer dergestalt, dafs dessen Behälter sich in der Mitte der Kugel *A* befindet und in die oberen Schichten des Aethers eintaucht. Man macht den kleinen Apparat vollkommen luftleer, und verschliefst ihn dann vor der Lampe. Die Kugel *B* ist mit Battist umhüllt, und auf diesen giefst der Beobachter mittelst einer Pipette tropfenweise Aether. Die Verdampfung des Aethers in der Luft bewirkt eine bedeutende Erkältung der Kugel *B*, und diefs veranlafst eine Destillation des Aethers der Kugel *A*. Der Aether erkältet sich und kann bis unter die Temperatur sinken, bei welcher die Luft mit der in diesem Moment in ihr enthaltenen Dampfmenge gesättigt seyn würde. Man sieht demgemäfs auf der Kugel *A* einen Thau entstehen. Um die erste Bildung desselben sichtbarer zu machen, nimmt man zur Kugel *A* in der Regel ein tiefblaues Kobaltglas, oder bekleidet sie mit einem Ring von glänzender Vergoldung.

Die Erkaltung des Aethers in der Kugel *A* erfolgt hauptsächlich an der Oberfläche der Flüssigkeit, wo die Verdampfung geschieht; und da die Flüssigkeiten schlechte Wärmeleiter sind, so findet zwischen den oberen und unteren Schichten der Flüssigkeit immer ein merklicher Temperatur-Unterschied statt. Daher beginnt die Bethauung immer auf einem Ring, welcher die Oberfläche der Flüs-

sigkeit umgiebt, und erst später breitet sich der Beschlag über die ganze Oberfläche der Kugel aus. Es ist daher zweckmäfsig, den Behälter des Thermometers in der oberen Schicht der Flüssigkeit anzubringen, und diesem Behälter möglichst kleine Dimensionen zu geben, damit der Verzug seiner Temperatur gegen die der umgebenden Flüssigkeit möglichst gering sey. Wenn man aber diesen Behälter sehr klein nimmt, werden auch die Grade des Thermometers sehr klein, und die Ablesung des Instruments wird unsicherer.

In geübten Händen kann der Daniell'sche Apparat annähernd die Temperatur der Bethauung geben, allein man kann sich auf seine absolute Genauigkeit nicht verlassen. Der Apparat bietet in der That mehre Uebelstände dar, die ich aufzählen will.

1) Der Aether zeigt in seinen verschiedenen Schichten beträchtliche Temperaturunterschiede; die Temperatur ist in der oberflächlichen Schicht niedriger als in den unteren. Wäre auch das Thermometer äufserst empfindlich, was bei weitem nicht der Fall ist, so würde es doch nur die mittlere Temperatur der Schichten anzeigen, in welche sein Behälter eingetaucht ist. Diese mittlere Temperatur kann aber bedeutend abweichen von der, von welcher der erste Thaubeschlag abhängt. Man verringert den Fehler, der aus dieser Ursache entspringen kann, wenn man die Verdampfung des Aethers zur Zeit, da man sich dem Thaupunkt nähert, sehr langsam bewerkstelligt; allein man darf nicht hoffen, ihn ganz zu heben.

2) Die Handhabung des Apparats erfordert eine lange Anwesenheit des Beobachters nahe bei demselben; diefs ist ein grofser Uebelstand, denn sie hat nothwendig Einflufs auf die Feuchtigkeit und die Temperatur der Luft, vor allem, wenn der Beobachter genöthigt, sich sehr zu nähern, um das Thermometer abzulesen und die erste Bethauung zu beobachten.

3) Die Verdunstung einer grofsen Menge Aether ge-

geschieht auf der Kugel *B* in einem Raum sehr nahe bei dem, wo man die Bethauung der Kugel *A* hervorruft. Es ist unmöglich, dafs nicht dieser Umstand und die durch ihn in den umgebenden Luftschichten herbeigeführte Temperatursenkung eine sehr merkliche Veränderung in dem hygrometrischen Zustand der Luft veranlafst.

4) Der Aether, den man anwendet, ist niemals wasserfrei; der käufliche Aether enthält Wasser bis zu einem Zehntel seines Gewichts. Dieses Wasser wird durch die Verdampfung des Aethers in einem Raum verbreitet, der dem, wo man die Bethauung hervorruft, sehr nahe ist. Auch dadurch mufs der hygrometrische Zustand verändert werden.

5) Ist die Temperatur hoch und die Luft sehr trokken, so ist es unmöglich, auf der Kugel *A* einen Thau hervorzurufen, selbst wenn man grofse Mengen Aether auf die Kugel *B* schüttet, so dafs in diesem Fall das Instrument seinen Dienst vollständig versagt. Es ist übrigens klar, dafs die unter No. 3 und 4 aufgezählten Uebelstände desto gröfser werden, je beträchtlicher die Menge des verdampften Aethers ist.

Man hat viele Abänderungen des Daniell'schen Apparats erdacht; mehre Physiker haben vorgeschlagen, die Bethauung direct auf der Kugel des Thermometers hervorzurufen; sie haben den Stiel des Thermometers gekrümmt, und genau auf dem oberen Theil der Kugel ein Metallschälchen angebracht, um den zur Erkältung bestimmten Aether darin zu giefsen. Die Bethauung wird dann auf dem nackten Theil der Kugel beobachtet. Offenbar hat diese Einrichtung keine Vorzüge vor der Daniell'schen. Die Angabe des Thermometers entspricht der mittleren Temperatur der verschiedenen Punkte des Quecksilbers im Behälter, und nicht der desjenigen Theils seiner Hülle, wo man die Bethauung beobachtet; jedermann begreift, dafs zwischen diesen beiden Temperaturen, vor Allem wenn das Thermometer im raschen

Sinken ist, ein sehr bedeutender Unterschied stattfinden kann.

Dieselben Einwürfe gelten auch von den Vorrichtungen, die Hr. Pouillet unter den Namen: *Hygromètre à capsule* und *Hygromètre à virole* vorgeschlagen hat [1]), so wie von Hrn. Savary's *Metall-Hygrometer* [2]). Alle diese Instrumente zeigen im höchsten Grade einen Uebelstand, den man um jeden Preis vermeiden mufs. Die Fläche, auf der man die Bethauung beobachtet, liegt sehr nahe, oft mitten in dem Raume, wo man den zur Hervorbringung der Kälte bestimmten Aetherdampf entwickelt. Bei allen diesen Instrumenten hat man gesucht, das Sinken des Thermometers zu beschleunigen, während man gerade das Umgekehrte sich hätte zur Aufgabe machen sollen. Man mufs das Sinken möglichst verlangsamen, um sicher zu seyn, dafs zwischen der Temperatur der Wand, wo der Thau entsteht, und der, welche das Thermometer anzeigt, nur ein sehr kleiner Unterschied vorhanden sey.

Alle diese Uebelstände finden sich, glaube ich, beseitigt in dem Instrumente, welches ich den Physikern unter dem Namen: *Condensations-Hygrometer* (*Hygromètre condenseur*) vorschlage, und unter den verschiedenartigsten Umständen zu prüfen Gelegenheit hatte.

Dasselbe besteht aus einem Kästchen (*dé*, Würfel) von sehr dünnem und wohl polirtem Silber, 45 Millimet. hoch und 20 Millm. im Durchmesser. Er pafst drang auf ein an beiden Enden offnes Glasrohr, welches seitwärts eine Tubulatur *t'* besitzt. Die obere Oeffnung dieses Rohrs ist verschlossen durch einen Kork, der den Stiel eines Thermometers hindurchläfst, welches die Axe einnimmt, und sich mit seinem Behälter mitten im Silberkästchen befindet. Ein dünnes Glasrohr, an beiden Enden offen, geht durch denselben Pfropfen, und zwar bis

1) *Eléments de physique, quatrième édition, T. II, p.* 635.

2) *Ann. de chim. et de phys. T. II, p.* 531. (Ann. Bd. 54, S. 147.)

auf den Boden des Kästchens. Man schüttet Aether in das Rohr, und verknüpft die Tubulatur t' durch ein Bleirohr mit dem Aspirator, der 3 bis 4 Liter fafst und mit Wasser gefüllt ist. Der Aspirator wird neben den Beobachter gestellt, dagegen das Hygrometer so entfernt, wie man will [1]).

Läfst man Wasser aus dem Aspirator abfliefsen, so dringt Luft in die Röhre fg, und blasenweise durch den Aether, der sich, in ihr verdampfend, erkältet. Die Erkältung geschieht desto rascher, je reichlicher das Wasser fliefst. Die ganze Masse des Aethers zeigt übrigens eine beinahe gleichförmige Temperatur, weil sie von den durchstreichenden Luftblasen bewegt wird. In weniger als einer Minute sinkt die Temperatur so rasch, dafs ein reichlicher Thau sich absetzt. In diesem Moment beobachtet man das Thermometer mittelst eines Fernrohrs. Angenommen, das Thermometer zeige 12°, und diese Temperatur sey niedriger als die, welcher die Sättigung der Luft entspricht. Man schliefst nun den Hahn r des Aspirators; dadurch hält der Luftstrom ein, der Thau verschwindet nach einigen Augenblicken, und das Thermometer steigt. Es möge 13° zeigen, und dieser Punkt über dem Thaupunkt liegen. Nun öffne ich wiederum den Hahn r, so dafs Luftblasen sparsam durch den Aether streichen; wenn defsungeachtet das Thermometer zu steigen fortfährt, so öffne ich den Hahn mehr, und bringe dadurch das Thermometer auf 12°,9 herab. Schliefst man den Hahn etwas mehr, so ist es leicht, das Thermometer langsamer sinkend zu machen und so lange, wie man will, auf 12°,9 zu halten. Bildet sich nach einigen Augen-

1) Bis auf die Anwendung des Aspirators und eines Fernrohrs ist das von Hrn. Regnault vorgeschlagene Instrument ganz dasselbe, welches Prof. Döbereiner im J. 1822 in Gilbert's Annal. Bd. 70, S. 135, beschrieben und abgebildet hat. Statt des Aspirators gebraucht der erfinderische Jenaer Physiker eine kleine Compressionspumpe oder, einfacher, eine mit Luft gefüllte Blase. *P.*

blicken kein Thau, so liegt 12°,9 offenbar über dem Thaupunkt. Ich senke das Thermometer nun auf 12°,8, und erhalte es darauf durch zweckmäſsige Regelung des Ausflusses. Es mag nun die Metallfläche nach einigen Minuten bethauen; daraus schlieſse ich, daſs 12°,8 unter, und 12°,9 über der Temperatur der Sättigung liegt. Eine gröſsere Annäherung würde ich erhalten, wenn ich suchte, ob 12°,85 unter oder über diesem Punkte liege. Zu dem Ende drehe ich den Hahn *r* sehr wenig, so daſs das Thermometer, ungeachtet des Durchgangs von Luftblasen durch den Aether, sehr langsam steigt, und beobachte, ob bei der Temperatur 12°,85, auf welcher ich das Thermometer einige Augenblicke erhalte, der Thau verschwinde oder verweile.

Alle diese Operationen sind in der Beschreibung länger als in der Ausführung. Mit ein wenig Uebung sind 3 bis 4 Minuten hinreichend, den Thaupunkt bis auf 0,05 Grad zu bestimmen.

Der Aspirator ist geräumiger als es zu einer einzigen Bestimmung nothwendig ist. Der von mir erwähnte reicht hin, den Condensator mehr als eine Stunde lang in der Nähe des Thaupunkts zu halten, und mehr als zehn Bestimmungen zu machen.

Mittelst dieses Instruments habe ich in einem groſsen Amphitheater, dessen thermo- und hygrometrischer Zustand sich nur sehr langsam änderten, sehr viele Beobachtungen gemacht, und immer vollkommen übereinstimmende Resultate erhalten.

Macht man Beobachtungen in freier Luft, so erkennt man, wie veränderlich, bei den fast unaufhörlichen Temperaturschwankungen, der hygrometrische Zustand von einem Augenblick zum andern ist. Hält man das Thermometer des Condensators stationär in der Nähe des Thaupunkts, so sieht man das Metall bethauen und wieder blank werden, je nachdem der leiseste Luftzug von dieser oder jener Seite kommt. Die gewöhnlichen Hygrometer und die

Psychrometer sind viel zu wenig empfindlich, als dafs sie diese momentanen Variationen angeben könnten.

Für den Punkt des Raums, dessen hygrometrischer Zustand bestimmt werden soll, mufs man die Temperatur der trocknen Luft sehr genau haben. Zu dem Ende bringe ich ein sehr empfindliches Thermometer in einem zweiten Apparat an, der dem ersten ganz ähnlich ist, nur keine Flüssigkeit enthält. Diesen zweiten Apparat stelle ich dicht neben den ersten. Es ist ungemein nützlich, aus dem Contrast auf geringe Aenderungen zu schliefsen, die dem ersten Apparat überkommen. So würde ein noch wenig geübter Beobachter den ersten leisen Thaubeschlag nicht erkennen, wenn das Hygrometer allein da wäre; aber neben dem zweiten Apparat, der als Vergleicher dient, wird er ihn unfehlbar sogleich gewahr werden.

Die Academie erblickt hier den Apparat, wie ich ihn gewöhnlich einrichte. *ab* ist der Condensator, *t* die Tubulatur, gekittet an ein Kupferrohr *tcd*, welches in *d* mittelst eines Bleirohrs mit dem Aspirator verbunden ist. Die Tubulatur *t'* des zweiten Apparats ist durch etwas Kitt verschlossen; fürchtet man, dafs das Thermometer *T* den Veränderungen der Lufttemperatur nicht rasch genug folge, so kann man es in freier Luft aufhängen, und den als Vergleicher dienenden Silbercylinder auf dem Rohr *cd* befestigen.

Es ist leicht ersichtlich, dafs der eben beschriebene Apparat all die Uebelstände vermeidet, die ich vorhin, als am Daniell'schen Hygrometer vorhanden, aufzählte.

1) Das Thermometer zeigt scharf dieselbe Temperatur an, welche der Aether hat, und alle Schichten dieser Flüssigkeit haben, weil sie unaufhörlich von den durchstreichenden Luftblasen bewegt werden, einerlei Temperatur. Die Metallwand, auf welche der Thau sich absetzt, hat ebenfalls gleiche Temperatur wie der Aether, weil sie mit diesem in unmittelbarer Berührung steht und sehr dünn ist.

2) Die Handhabung erfordert nicht die Nähe des Beobachters; im Gegentheil hält dieser sich mehre Meter davon entfernt, und beobachtet das Instrument mit einem Fernrohr.

3) und 4) In der Nähe des Orts, dessen hygrometrischen Zustand man bestimmen will, wird kein Dampf gebildet.

5) Kann man weit bedeutendere Temperatursenkungen bewirken, als mit dem Daniell'schen Instrument. So habe ich während der gröfsten Sommerhitze das Thermometer auf mehre Grade unter Null gebracht, und die Metallwand mit einer dicken Schicht von Reif bekleidet.

Endlich bedarf man auch viel weniger Aether; man kann ihn sogar ganz entbehren, und statt seiner Alkohol verwenden. Diefs ist sehr wichtig, wenn man die Beobachtungen in sehr heifsen Klimaten machen soll, wo die Aufbewahrung einer so flüchtigen Flüssigkeit, wie Aether, fast unmöglich ist.

Ich habe bei Füllung des Condensators mit gewöhnlichem Alkohol sehr viele Versuche gemacht, und sehr leicht die Bethauung erlangt. Nur mufs dann die Aufsaugung der Luft rascher geschehen als mit Aether, und das Thermometer sinkt langsamer. Diefs ist indefs kein Nachtheil, weil man nun, um den Thaupunkt zu finden, weniger zu probiren braucht.

Die gröfste Unbequemlichkeit des Apparats besteht darin, dafs der Aspirator etwas voluminös ist, und man zu seiner Füllung Wasser bedarf, was auf einer Reise nicht immer leicht zu haben ist. Darauf bemerke ich zuvörderst, dafs der von mir angewandte Apparat viel zu grofs ist, wenn man nur eine einzige Beobachtung machen will. Für diesen Fall reicht ein Gefäfs von einem Liter hin; ich habe mich indefs überzeugt, dafs man bei einiger Uebung des Aspirators gänzlich überhoben ist.

Ich versehe das Bleirohr mit einem Mundstück, ähn-

lich dem an einem Löthrohr, und neben diesem Mundstück bringe ich einen Hahn an. Der Beobachter bläst anfangs ziemlich lebhaft durch den Aether, um denselben auf den Thaupunkt zu bringen; dann hält er ein, läfst den Thau verschwinden, bläst darauf mäfsiger, indem er den Hahn zweckmäfsig dreht. Hiedurch ist es leicht, das Thermometer des Condensators fast zum Stillstand zu bringen. Ein geübter Beobachter könnte selbst den regulirenden Hahn entbehren, allein die Anwendung desselben macht den Versuch viel leichter.

IV. Vom Psychrometer.

Hr. Gay-Lussac hat zuerst den Vorschlag gemacht, den hygrometrischen Zustand der Luft dadurch zu bestimmen, dafs man ein trocknes Thermometer und ein auf seinem Behälter stets benäfst erhaltenes beobachte; aber er meint, dafs man, um daraus den Feuchtigkeitsgehalt der Luft herzuleiten, Tafeln construiren müsse, deren Elemente eine grofse Zahl von Versuchen erfordern [1]).

Seit der Zeit hat ein deutscher Physiker, Hr. August, sich mit dieser Aufgabe beschäftigt; er hat mehre interessante Abhandlungen veröffentlicht, in welchen er versucht, durch theoretische Betrachtungen die Formeln aufzustellen, nach welchen man aus den Angaben des trocknen und des benäfsten Thermometers die Spannkraft des in

1) *Ann. de chim. et de phys.* (1822) *T. XXI*, *p* 91. — [Weit früher, nämlich im J. 1792, hat der berühmte Hutton, zu Edinburg, versucht, die Verdunstungskälte, gemessen durch ein trocknes und ein benäfstes Thermometer, zur Ermittlung des Feuchtigkeitszustandes der Luft zu benutzen (Playfair in *Transact. of the roy. soc. of Edinb. T. V*, *p.* 67, und Ivory in dem *Philosoph. Mag. and Journ.* (1822) *Vol. LX*, *p.* 81); Leslie, der später, im J. 1799, sein Differentialthermometer zu gleichem Zwecke vorschlug, (Gilb. Ann. Bd. 5 (1800), S. 235) behauptet gar, er sey schon 1790 auf diese Anwendung der Verdunstungskälte verfallen. Andererseits ist unstreitig Ivory der Erste, welcher zur Berechnung des Feuchtigkeitszustands der Luft aus der Verdunstungskälte (a. a. O.) eine Formel aufgestellt hat. — *P.*]

der Luft vorhandenen Wasserdampfs berechnen kann. Er belegte den aus zwei Thermometern zusammengesetzten Apparat mit dem Namen *Psychrometer*.

[Hr. Regnault entwickelt nun, aus den *Annalen*, Bd. 5, S. 69, und dem Schriftchen: *Ueber die Fortschritte der Hygrometrie etc.* entlehnt, die von August gegebenen Formeln, und zwar ziemlich ausführlich, weil, wie er sagt, dieselben bisher in keinem französischen Werke angeführt wurden. Da diese Entwicklung dem deutschen Publicum bekannt ist, so übergehen wir sie hier, und nehmen den Faden dort wieder auf, wo Hr. R. diese Formeln durch Einfügung einiger neuen Constanten ein wenig abändert.

A. giebt nämlich als vollständigen und als abgekürzten Ausdruck für die Spannkraft x des in der Luft vorhandenen Dampfs die Formeln:

$$x = \frac{1+\frac{\gamma}{\delta\lambda}(t-t')}{1+\frac{k}{\lambda}(t-t')} f' - \frac{\frac{\gamma}{\delta\lambda}(t-t')}{1+\frac{k}{\lambda}(t-t')} h \;..\; (1)$$

und

$$x = f' - \frac{0{,}558(t-t')}{640-t'} h \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; (2),$$

worin h der Barometerstand, t die Temperatur des trocknen Thermometers, t' die des benäfsten, f' die der letzteren Temperatur entsprechende Spannkraft des Dampfs, $\lambda = 640 - t'$ die latente Wärme des Dampfs, $\delta = 0{,}6235$ die Dichtigkeit desselben, $\gamma = 0{,}2669$ die specifische Wärme der trocknen Luft, k die des Dampfs (als gleich mit γ angenommen).

Indem nun Hr. R. $\delta = 0{,}622$ und $\lambda = 610 - t'$ setzt, erhält er die Formel:

$$x = \frac{1+\frac{0{,}2669}{0{,}622\lambda}(t-t')}{1+\frac{0{,}2669}{\lambda}(t-t')} f' - \frac{\frac{0{,}2669}{0{,}622\lambda}(t-t')}{1+\frac{0{,}2669}{\lambda}(t-t')} h$$

und bei Vernachlässigung der sehr kleinen Gröfsen:

$$x = f' - \frac{0{,}429(t-t')}{610-t'} h.$$

Darauf fährt er fort, wie folgt.]

Hr. August hat gesucht, die Richtigkeit seiner Formel durch vergleichende Versuche mit dem Psychrometer und dem Daniell'schen Hygrometer darzuthun. Er citirt ähnliche Versuche von anderen Physikern, und findet in allen Fällen zwischen der aus der Beobachtung

des Thaupunkts abgeleiteten Spannkraft des Wasserdampfs und der nach dem Psychrometer mittelst der Formel (2) bestimmten eine genügende Uebereinstimmung.

Hr. August findet auch eine vollständige Bestätigung seiner Formel in den Versuchen, die Hr. Gay-Lussac früher über die Kälte des auf der Kugel eines in einen trocknen Luftstrom gebrachten Thermometers verdunstenden Wassers angestellt hat[1]).

Um die Formel (1) auf diesen Fall anzuwenden, mufs man darin $x = o$ setzen; sie wird dann:

$$\gamma(h-f')(t-t') = f'\lambda\delta \ldots (3).$$

Setzt man darin statt f' die Function $\varphi(t')$, welche die Spannkraft des Wasserdampfs bei Sättigung in Bezug auf die Temperatur ausdrückt, so hat man eine Gleichung in t', die, aufgelöst in Bezug auf diese Gröfse, die Temperatur giebt, auf welche ein Thermometer mit beständig benäfster Kugel herabsinkt, wenn dasselbe in einen trocknen Luftstrom von der Temperatur t gestellt wird. Allein die Function $\varphi(t')$ ist zu complicirt, als dafs man die Gleichung in t' auflösen könnte; man mufs es umgekehrt machen, folgweise annehmen:

$$t' = 0, 1, 2, \ldots.$$

und die Gleichung in Bezug auf t lösen. So erhält man die Temperaturen t und t' des trocknen und des feuchten Thermometers, die beide einem selben trocknen Luftstrom ausgesetzt sind. Die dazwischen liegenden Zahlen berechnen sich durch eine einfache proportionale Interpolation. Die Gleichung (3), in Bezug auf t aufgelöst, giebt:

$$t = t' + \frac{f'\lambda\delta}{\gamma(h-f')} = t' + \frac{\lambda}{0{,}429} \cdot \frac{f'}{h-f'},$$

oder:

$$t = t' + \frac{(610-t')f'}{0{,}420(h-f')}.$$

Die folgende Tafel enthält, für $h = 760$ Millm., einige auf diese Weise berechnete Werthe von t.

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. II. T. XXI, p.* 82.

t'	t	$t-t'$	t'	t	$t-t'$
−5° C.	0°,68 C.	5°,68 C.	+ 4° C.	15°,42 C.	11°,42 C.
−4	2 ,18	6 ,18	5	17 ,22	12 ,22
−3	3 ,70	6 ,70	6	19 ,08	13 ,08
−2	5 ,35	7 ,35	7	20 ,99	13 ,99
−1	6 ,95	7 ,95	8	22 ,96	14 ,96
0	8 ,65	8 ,65	9	24 ,97	15 ,97
+1	10 ,28	9 ,28	10	27 ,05	17 ,05
+2	11 ,95	9 ,95	11	29 ,21	18 ,21
+3	13 ,67	10 ,67			

Die Zahlen dieser Tafel entfernen sich nicht sehr von den bei directen Versuchen von Hrn. Gay-Lussac beobachteten.

Die Formel (3) nimmt keine Rücksicht auf die Geschwindigkeit des Luftstroms; nach ihr müfste der Temperaturunterschied für jegliche Geschwindigkeit derselbe seyn. Das scheint *a priori* unmöglich zu seyn. Ich habe durch directe Versuche den Einflufs dieser Geschwindigkeit zu bestimmen gesucht, um zu erfahren, ob, von einem gewissen Werth der Geschwindigkeit aus, die Temperaturunterschiede zwischen dem trocknen und dem benäfsten Thermometer unabhängig seyen von der absoluten Geschwindigkeit des Luftstroms, wie man nach den Schlufsfolgen, auf welchen Hr. August seine Psychrometerformel errichtet, natürlich glauben mufs.

Zu dem Ende erbaute ich folgenden Apparat. Ein trocknes Thermometer *a* und eins mit benäfster Kugel *b* befinden sich in zwei cylindrischen Büchsen von sehr dünnem Messing *A* und *B*. Die Kugel des Thermometers *b* ist bekleidet mit Battist, der beständig feucht gehalten wird durch einen Baumwollendocht, welcher in eine kleine mit Wasser gefüllte Kugel *c* taucht, deren Hals hermetisch in der unteren Tubulatur der Büchse *B* festgekittet ist.

Ein mehrmals gekrümmtes Messingrohr wird zur vollständigen Austrocknung der Luft mit einem grofsen Rohr voll schwefelsauren Bimsteins verbunden, und die Röhre *D* mit einem grofsen Aspirator in Gemeinschaft gesetzt.

Die Versuche wurden im Laboratorio des Hrn. Réiset angestellt, mit zwei Aspiratoren, jeder 600 Liter fassend, die so eingerichtet sind, dafs sie sowohl einzeln als zugleich wirken können.

Den Apparat setzt man in eine grofse Glasglocke voll Wasser von der umgebenden Temperatur, und rührt diefs Wasser fortwährend um. Ehe die trockne Luft zum Thermometer *a* gelangt, geht sie durch ein sehr langes Metallrohr, das, in dem Wasser des Gefäfses liegend, die Temperatur dieses Wassers besitzt, welche Temperatur übrigens der der Umgebung sehr nahe kommt.

So wie man den Hahn eines der Aspiratoren etwas öffnet, sinkt das benäfste Thermometer sogleich, und nach einiger Zeit kommt es auf einen festen Stand; dann zeichnet man die Angaben beider Thermometer auf. Um die Geschwindigkeit des Luftstroms zu finden, fängt man das aus dem Aspirator abfliefsende Wasser in einem Glasballon auf, der auf seinem Hals einen Merkstrich hat, und bis dahin 5 Liter fafst. An einer Uhr zählt man die Zahl der Secunden, welche das Gefäfs zu seiner Füllung gebraucht; daraus ergiebt sich denn leicht, wie viele Kubikcentimeter in der Minute abfliefsen.

Auf dieselbe Weise macht man bei mehr geöffnetem Hahn eine neue Bestimmung, und so fort. Um ein sehr rasches Ausfliefsen zu erhalten, läfst man beide Aspiratoren zugleich wirken.

So wurden folgende Resultate erhalten.

t	t'	$t-t'$	Ausgefloss. Wasser in 1'.	t	t'	$t-t'$	Ausgefloss. Wasser in 1'.
14°,66	7°,28	7°,38	797	21°,48	10°,78	10°,70	815
14 ,73	6 ,64	8 ,09	1096	21 ,50	10 ,05	11 ,45	1117
14 ,93	5 ,39	9 ,54	1466	21 ,63	9 ,49	12 ,14	1523
14 ,96	5 ,16	9 ,80	1845	21 ,70	9 ,18	12 ,52	1947
14 ,96	4 ,67	10 ,29	3045	21 ,70	8 ,67	13 ,03	3019
14 ,96	4 ,33	10 ,63	5067	21 ,70	8 ,56	13 ,14	3330

Um diese Zahlen leichter zu vergleichen, wollen wir sie in jeder der beiden Reihen auf eine gleiche Tempe-

ratur t beziehen. Diese Temperatur sey für die erste Reihe 14°,96, und für die zweite 21°,70. Zu dem Ende wollen wir zu den Werthen von t' gleiche Gröfsen hinzufügen, wie wir zu den Werthen von t hinzugefügt haben, um sie gleich zu machen. Da die hinzuzufügenden Gröfsen nur sehr klein sind, so wird diese Berichtigung keinen merklichen Fehler herbeiführen können. So erhalten wir:

t	t'	$t-t'$	Ausflufs in 1'.	t	t'	$t-t'$	Ausflufs in 1'.
14°,96	7°,58	7°,38	797	21°,70	11°,0	10°,70	815
14 ,96	6 ,87	8 ,09	1096	21 ,70	10 ,25	11 ,45	1117
14 ,96	5 ,42	9 ,54	1466	21 ,70	9 ,56	12 ,14	1523
14 ,96	5 ,16	9 ,80	1845	21 ,70	9 ,18	12 ,52	1947
14 ,96	4 ,67	10 ,29	3045	21 ,70	8 ,67	13 ,03	3019
14 ,96	4 ,33	10 ,63	5067	21 ,70	8 ,56	13 ,14	3330

Hieraus sieht man, dafs für eine gleiche Temperatur t die Temperaturen t' sehr von der Geschwindigkeit des Luftstroms abhängen. Berechnet man nach der Formel (3) die Temperaturen t', welche den Temperaturen t entsprechen, so findet man

für $t=14°,96$ $t'=3°,73$ $t-t'=11°,23$
- $t=21\,,70$ $t'=7\,,36$ $t-t'=14\,,34$.

Die so gefundenen Zahlen sind noch geringer als die, welche wir bei dem schnellsten Ausflufs beobachteten.

Man kann sich eine ziemlich richtige Idee von dem Gange dieser Versuche machen, wenn man dieselben graphisch construirt. Man nimmt die Ausflufsgeschwindigkeiten zu Abscissen, und die Temperaturen t' des benäfsten Thermometers zu Ordinaten. Für $v=o$ haben wir offenbar $t'=t$, d. h. den Punkt, worin die Curve die Axe der t schneidet. Zieht man zu der Axe der v eine Parallele in einem Abstande, der dem aus unserer Formel abgeleiteten Werth von t' gleich ist, so mufs man eine Asymptote der Curve erhalten, wenn dieser Werth von t' einer unendlichen Geschwindigkeit des Luftstroms entspricht. Allein ich habe mich überzeugt, dafs,

wenn man durch den Apparat einen noch rascheren Strom von trockner Luft gehen läfst, als er in den vorhergehenden Versuchen angewandt ward, was man leicht mit Hülfe einer Luftpumpe bewerkstelligen kann, die Temperatur t' des benäfsten Thermometers noch sehr beträchtlich unterhalb derjenigen sinkt, welche sich aus der Formel ergiebt. Denn ich erhielt in zwei Versuchen:

t	t'	$t-t'$	t' nach d. Formel.
18°,91	5°,39	13°,52	5°,91
22 ,95	7 ,35	15 ,60	8 ,00.

Die vorstehenden Versuche zeigen, dafs es nur ein zufälliger Umstand war, weshalb die Versuche des Hrn. Gay-Lussac Zahlen gaben, die sich nur wenig von den aus der Formel abgeleiteten entfernten; denn es würden ganz andere Zahlen erhalten seyn, wenn eine andere Geschwindigkeit angewandt worden wäre. Die Versuche des Hrn. Gay-Lussac können also nicht als Bestätigungen der Richtigkeit der Formel des Hrn. August angeführt werden.

Wenn die Geschwindigkeit des Luftstroms bei vollkommener Trockenheit einen grofsen Einflufs auf die Senkung der Temperatur des feuchten Thermometers hat, so ist klar, dafs dieser Einflufs auch sehr merklich seyn mufs, wenn die Luft eine gewisse Menge Feuchtigkeit einschliefst. Um mich davon zu überzeugen, machte ich folgenden Versuch. Der zuvor beschriebene Apparat wurde durch sein Rohr E mit einem Aspirator verknüpft, und an das Ende G ein langes Glasrohr angesetzt, welches die Luft draufsen auf einem Hofe aufsog dicht neben einem Psychrometer. Man liefs den Aspirator wirken, und als das benäfste Thermometer einen festen Stand erreicht hatte, notirte man gleichzeitig den Stand der beiden Thermometer a und b des Apparats, und der beiden Thermometer des äufseren Psychrometers. Da es dieselbe Luft war, die auf beide psychrometrische Apparate einwirkte, so hätte sich offenbar aus

ihren gleichzeitigen Angaben eine gleiche Menge Feuchtigkeit mittelst der Formel ergeben müssen.

Bei einem zweiten Versuch liefs man, um einen rascheren Luftstrom zu erhalten, zwei Aspiratoren zugleich wirken, und bei einem dritten Versuche brachte man einen noch rascheren Strom mittelst der Luftpumpe hervor.

Auf diese Weise wurden unter andern folgende Resultate erhalten:

Aufsaugung mit	Aeufseres Psychrometer.				Psychrometer im Apparat.			
	t	t'	$t-t'$	f	t	t'	$t-t'$	f
1843 Jun. 11				mm.				mm.
1 Aspirator	16,40	12,27	4,13	8,40	14,69	11,17	3,52	7,98
2 -	16,79	12,39	4,40	8,33	14,77	10,74	4,03	7,44
1 -	18,15	13,34	4,81	8,69	14,80	11,17	3,63	7,92
Jun. 12								
Luftpumpe	13,15	10,82	2,33	8,41	14,58	10,52	4,06	7,29
Jun. 13								
2 Aspiratoren	16,10	13,48	2,62	10,09	14,85	12,57	2,28	9,62

Aus dieser Tafel ersieht man, dafs wenn der Luftstrom mittelst eines Aspirators oder einer Luftpumpe hervorgebracht ward, die aus den Ständen der Thermometer im Apparat nach der Formel berechnete Spannkraft des Wasserdampfs immer etwas kleiner war, als die aus der Beobachtung des im Freien aufgestellten Psychrometers abgeleitete. Das Gegentheil würde sicher statthaben, wenn der Luftstrom langsam ginge.

Aus all dem Angeführten geht hervor, dafs die Bewegung der Luft einen sehr merklichen Einflufs auf die Angaben des Psychrometers ausüben mufs; es ist leicht, sich davon durch einen directen Versuch zu überzeugen. Man befestige ein Psychrometer auf dem Umfang eines horizontalen Rades, dem man eine sehr rasche Rotation einprägen kann. Man wird sehen, dafs während der Bewegung das trockne Thermometer um einen kleinen Bruch vom Grade steigt, das benäfste Thermometer dagegen beständig um mehre Zehntelgrade sinkt.

Ich glaube nicht, dafs man als Basis des psychro-

metrischen Calculs Hrn. August's Hypothese annehmen kann, dafs alle Luft, welche dem benäfsten Thermometer Wärme liefert, bis zu der von diesem angezeigten Temperatur t' herabsinke und sich vollständig mit Feuchtigkeit sättige. Ich halte es für wahrscheinlich, dafs die Luft, welche sich erkaltet, nicht bis auf t' gelangt, und sich nicht mit Feuchtigkeit sättigt. Das Verhältnifs der Wärmemenge, welche die Luft der Kugel durch Verdampfung des Wassers entzieht, zu der Wärmemenge, welche sie beim Erkalten verliert, ist wahrscheinlich um so gröfser, je trockner die Luft ist, weil sie in diesem Zustande begieriger nach Feuchtigkeit ist, als wenn sie schon ihrem Sättigungszustande nahe kommt.

Endlich erleidet die Temperatur der benäfsten Kugel noch einen anderen Einflufs als von der umgebenden Luft; sie ist der Strahlung der Kälte ausgesetzt, deren Einflufs nach der Bewegung der Luft verschieden ist.

Es scheint mir unmöglich, alle diese Umstände in die theoretische Berechnung aufzunehmen; ich halte es für klüger, die theoretischen Betrachtungen nur zur Aufsuchung der Form der Formel zu gebrauchen, und dann die Constanten durch Versuche, die unter bestimmten Bedingungen gemacht sind, festzusetzen. Diefs Verfahren scheint mir desto nothwendiger, als hinsichtlich mehrer der in die Rechnung eintretenden numerischen Elemente eine Unsicherheit herrscht, namentlich hinsichtlich der specifischen Wärme der Luft, der des Dampfs, und der vom Wasser bei seinem Verdampfen in der Luft absorbirten Wärme. Ich werde am Schlusse dieser Abhandlung Verfahrungsweisen angeben, die, wie ich glaube, diese Elemente mit Genauigkeit durch directe Versuche bestimmen lassen.

Somit werden wir setzen:

$$x = Af' - \frac{B(t-t')}{\lambda}h,$$

und untersuchen, ob diese Formel aus den Angaben eines

Psychrometers, das unter sehr verschiedenartige Umstände versetzt ist, allemal die wahre Menge Feuchtigkeit berechnen läfst, wenn man die Constanten A und B zweckmäfsig bestimmt. Kann auf diese Weise die Feuchtigkeitsmenge nicht für alle Fälle bestimmt werden, so wird man voraussetzen können, A und B seyen eine Function von t, oder von t', oder von $t-t'$, die man, der Einfachheit halber, von der Form $a+bt$ oder $\frac{1}{a+bt}$ u. s. w. nehmen kann.

Ich begann mit der Untersuchung, ob nicht die Temperatur des benäfsten Thermometers von der Gestalt oder Gröfse seines Behälters und von der Benässungsweise desselben abhänge. Ich fand, dafs in einer wenig bewegten Luft, in dem physikalischen Hörsaal des *Collége de France*, welcher eine Geräumigkeit von etwa 600 Kubikmeter hat, ein Thermometer mit ziemlich grofsem sphärischen Behälter (17 Millm. Durchmesser) beständig eine um 0°,1 bis 0°,2 höhere Temperatur anzeigte, als zwei dicht daneben befindliche Thermometer mit sehr langen cylindrischen Behältern. In freier Luft erhielt sich der Unterschied in gleichem Sinn, wurde aber geringer. Der kugelförmige Behälter des Thermometers, welches ich zu diesem Versuch anwandte, ist gröfser als es insgemein die Behälter der Thermometer sind, die man zu dem Psychrometer nimmt; ich habe es absichtlich so genommen, um den etwaigen Unterschied zu vergröfsern. Ich glaube, man kann daraus schliefsen, dafs die Gestalt des Behälters nur einen sehr geringen Einflufs habe auf die stationäre Temperatur, auf welche das benäfste Thermometer gelangt. Ich gebe indefs den Thermometern mit cylindrischen Behältern den Vorzug, weil sie für Veränderungen, die in der Temperatur der Luft eintreten, weit empfindlicher sind und, bei gleicher Quecksilbermasse, der Luft eine weit gröfsere Oberfläche darbieten.

Eben

Eben so wenig habe ich gefunden, dafs die Benässungsweise des Thermometers einen merklichen Einflufs ausübt, sobald zu dem Battist, welcher die Kugel umgiebt, eine hinreichende Menge Wasser gelangt. Auch wenn die Menge gröfser ist als die, welche verdunstet, so dafs von Zeit zu Zeit ein Tropfen Wasser auf den Behälter fällt, habe ich keinen merklichen Unterschied gefunden. Es ist übrigens klar, dafs die in Ueberschufs anlangende Wassermenge immer sehr klein seyn mufs, weil sie sonst nicht Zeit haben würde, sich durch Verdampfung zu erkälten. Die Länge des Weges, welchen das Wasser in dem Baumwollendocht vom Gefäfs bis zum Behälter des Thermometers durchläuft, schien mir auch keinen merklichen Einflufs auszuüben, wenigstens innerhalb der Gränzen, die man bei der gewöhnlichen Construction des Psychrometers nicht überschreitet.

Erste Versuchsreihe.

Hiezu dienten drei Thermometer, eins *A* mit trocknem Behälter von 8 Millm. Durchmesser und 30 Millm. Länge, eins *B* mit benäfstem Behälter von 5 Millm. Durchmesser und 60 Millm. Länge, und eins *C* mit ebenfalls benäfstem Behälter von 7 Millm. Durchmesser und 45 Millm. Länge.

Diese Thermometer sind angebracht auf dem Ende eines 2 Meter langen Brettes, dessen anderes Ende am Balken eines nach Norden liegenden Fensters im ersten Stockwerk befestigt ist. Die Behälter dieser Thermometer befinden sich 4 Decimeter über dem Brett und 7 Meter über dem Boden in der Luft eines grofsen Hofes (des grofsen quadratischen Hofes im *Collége de France*); man beobachtet sie mittelst eines Fernrohrs.

Mittelst eines Aspirators und einer langen Glasröhre saugte man in geringem Abstand von den Thermometern Luft auf, und liefs sie durch tarirte Trockenröhren streichen. Während dieser Operation schrieb man regelmäfsig von 5 zu 5 Minuten die Thermometerstände

auf. Man nahm daraus die Mittelwerthe, und setzte sie in die Psychrometerformel, um die Feuchtigkeitsmenge zu berechnen, und sie mit der durch directe Wägung gefundenen zu vergleichen.

Um den Gang der Versuche leichter zu beurtheilen, nahm ich die Formel an:

$$x = f' - \frac{0{,}429\,(t - t')}{610 - t'}\,h.$$

Die in der Tafel aufgeführten Werthe $\frac{x}{f}$ der Sättigungsstufe wurden aus dem mittelst dieser Formel gefundenen Werthe von x berechnet.

Tafel I. — Psychrometer-Versuche im großen Hofe des *Collège de France.*

Mit Aspirator No. 1.

Trocknes Thermometer A t	Benäſste Thermometer t'		$t-t'$	h_0	Wassergewicht gefunden p	Sättigungsstufen gefunden $\frac{p}{P}$	Sättigungsstufen berechnet $\frac{x}{f}$
	Erste Reihe.			mm.	grm.		
12°,12	7°,07	7°,10	5°,04	764,38	0,270	0,396	0,424
12 ,54	7 ,61	7 ,63	4 ,92	764,35	0,3035	0,466	0,474
14 ,07	7 ,56	7 ,60	6 ,49	764,43	0,2595	0,362	0,356
15 ,24	9 ,52	9 ,53	5 ,72	762,42	0,324	0,420	0,417
16 ,68	10 ,06	10 ,06	6 ,62	760,42	0,319	0,377	0,396
17 ,88	8 ,27	8 ,30	9 ,60	754,89	0,1755	0,193	0,197
13 ,18	8 ,87	8 ,97	4 ,26	756,43	0,340	0,506	0,551
18 ,08	11 ,66	11 ,68	6, 41	754,72	0,399	0,438	0,438
18 ,47	10 ,60	10 ,68	7 ,83	754,36	0,3245	0,344	0,337
18 ,06		12 ,51	5 ,55	751,10	0,436	0,496	0,507
13 ,12	9 ,39	9 ,46	3 ,69	749,38	0,398	0.597	0,609
9 ,39	5 ,62	5 ,68	3 ,74	737,09	0,287	0,545	0,554
7 ,16	5 ,29	5 ,31	1 ,86	748,71	0,332	0,731	0,750
	Zweite Reihe. — Kleines Psychrometer.						
17 ,90	11 ,79		6 ,11	752,61	0,392	0,439	0,463
17 ,70	11 ,71		5 ,99	752,50	0,405	0,454	0,466
14 ,51	11 ,06		3 ,45	755,57	0,455	0,628	0,646
16 ,58	12 ,24		4 ,34	755,10	0,466	0,563	0,589
16 ,33	12 ,34		3 ,99	754,70	0,485	0,594	0,617
16 ,05	12 ,34		3 ,21	754,65	0,543	0,677	0,685

Die nach der Formel berechneten Sättigungsstufen stimmen hier sehr genügend mit den direct durch Wägung gefundenen. Allein diefs ist viel weniger der Fall bei niederen Temperaturen und sehr feuchter Luft, wie man aus der folgenden Tafel ersehen kann, welche die Resultate von ganz unter ähnlichen Umständen im December 1842 angestellten Versuchen enthält. Das zu diesen Versuchen angewandte Psychrometer bestand aus Thermometern mit kugelförmigen Behältern von 10 Millimeter Durchmesser, und war schon zu der zweiten Reihe der vorhergehenden Tafel angewandt.

Tafel II.

Thermometer				Wassergewicht gefunden	Sättigungsstufen.	
trocknes	benäfstes				gefunden	berechnet
t	t'	$t-t'$	h_0	p	$\frac{p}{P}$	$\frac{x}{f}$
			mm.	grm.		
7°,26	6°,51	0°,75	772,52	0,391	0,8503	0,896
7,70	6,66	1,04	771,73	0,401	0,8406	0,859
7,10	6,95	0,15	771,87	0,441	0,9626	0,979
8,25	8,10	0,15	768,33	0,4835	0,9783	0,979
9,65	8,89	0,76	766,62	0,473	0,8734	0,904
9,84	8,92	0,92	764,69	0,473	0,8616	0,889
5,64	4,54	1,10	753,50	0,331	0,8035	0,841
6,87	4,67	2,20	753,75	0,278	0,6193	0,694
1,37	1,14	0,23	759,36	0,266	0,9877	0,959
5,65	4,46	1,19	758,67	0,314	0,7576	0,828
0,85	0,29	0,56	755,33	0,2435	0,8183	0,900
7,52	6,22	1,30	748,14	0,361	0,7659	0,826
8,33	6,76	1,57	748,14	0,372	0,7436	0,797
5,80	5,41	0,39	768,22	0,3525	0,8314	0,943
8,56	7,73	0,83	770,13	0,4345	0,8533	0,891

Mit Ausnahme einer einzigen sind die berechneten Sättigungsstufen sämmtlich gröfser als die durch directe Versuche gefundenen, oft um ein Beträchtliches, um ein Zehntel. Freilich bieten auch bei niederen Temperaturen und grofsen Feuchtigkeiten die Angaben des Psychrometers wenig Genauigkeit dar, weil der Temperaturunterschied zwischen dem trocknen und dem benäfsten Thermometer nur gering ist.

Zwei andere Reihen Versuche wurden in geschlossenen Räumen angestellt, um zu zeigen, dafs die Formel S. 354 nicht auf diesen Fall anwendbar ist. Das Zimmer, worin die erste Reihe, Tafel III., gemacht wurde, hatte eine Geräumigkeit von 100 Kubikmeter; der Beobachter betrat es nicht, sondern las die Thermometer von einem anstofsenden Zimmer aus mit einem Fernrohr ab.

Tafel III. — Versuche in einem geschlossenen Zimmer des *Collège de France*.

t	t'	$t-t'$	h_0	p	$\frac{p}{P}$	$\frac{x}{f}$
			mm.	grm.		
21°,44	17°,44	4°,00	760,13	0,605	0,5649	0,6644
21 ,65	17 ,73	3 ,92	757,03	0,624	0,5743	0,6745
22 ,06	18 ,08	3 ,98	756,75	0,644	0,5775	0,6716
22 ,47	18 ,41	4 ,06	756,27	0,659	0,5769	0,6689
22 ,39	18 ,48	3 ,91	758,50	0,661	0,5816	0,6831
23 ,52	19 ,32	4 ,20	758,49	0,686	0,5652	0,6663
23 ,38	18 ,02	5 ,36	758,61	0,594	0,4930	0,5814
23 ,73	18 ,44	5 ,29	757,40	0,598	0,4889	0,5902
25 ,75	19 ,81	5 ,94	755,33	0,652	0,4731	0,5656
23 ,44	18 ,97	4 ,47	758,28	0,669	0,5530	0,6457

Tafel IV. — Versuche im physikalischen Hörsaale [1]).

t	t'		$t-t'$	h^0	p	$\frac{p}{P}$	$\frac{x}{f}$
				mm.	grm.		
8°,06	6°,67	6°,69	1°,38	757,39	0,3585	0,7525	0,8187
8 ,29	6 ,52	6 ,55	1 ,75	762,92	0,344	0,7107	0,7709
9 ,15	7 ,23	7 ,23	1 ,92	764,98	0,345	0,6738	0,7582
15 ,71	12 ,14	12 ,20	3 ,54	751,59	0,460	0,597	0,652
16 ,19	12 ,49	12 ,55	3 ,67	752,35	0,461	0,581	0,645
16 ,32	12 ,65	12 ,71	3 ,64	751,36	0,463	0,580	0,649
14 ,78	12 ,01	11 ,98	2 ,78	752,97	0,474	0,653	0,715
15 ,25	12 ,34	12 ,34	2 ,91	735,43	0,479	0,640	0,706

Die nach der Formel berechneten Sättigungsstufen sind hier viel gröfser als die aus den directen Wägungen des Wassergehalts der Luft abgeleiteten, oder, anders gesagt, die Temperatur t' des benäfsten Thermome-

1) Zu den fünf letzten Versuchen diente der Aspirator No. 2.

ters war durch die auf der Oberfläche desselben geschehenen Verdampfung des Wassers nicht so weit erniedrigt, dafs die Formel den richtigen Werth x der Spannkraft des Dampfs geben konnte. Diefs rührt offenbar davon her, dafs die Luft hier weniger bewegt war als draufsen.

Die Resultate in Tafel V., verglichen mit denen in Tafel IV., beweisen diefs auf's Einleuchtendste. Das Psychrometer wurde im physikalischen Hörsaal aufgestellt, genau wie bei den Versuchen der Tafel IV., nur wurden zwei grofse gegenüberstehende Fenster geöffnet; die Thermometer, die zwischen diesen Fenstern standen, waren somit einem ziemlich starken Luftzug ausgesetzt. Sogleich näherten sich die Angaben des Apparats denen, welche er in freier Luft gegeben haben würde.

Tafel V. — Versuche im physikalischen Hörsaal, dabei zwei gegenüberliegende Fenster geöffnet.

t	t'		$t-t'$	h	p[1])	$\frac{p}{P}$	$\frac{x}{f}$
				mm.	grm.		
17°,49	11°,54	11°,60	5°,92	750,97	0,382	0,444	0,469
17 ,21	11 ,50	11 ,62	5 ,65	753,06	0,394	0,468	0,486
17 ,45	11 ,60	11 ,71	5 ,80	752,56	0,389	0,454	0,478
13 ,01	10 ,05	10 ,11	2 ,93	755,73	0,431	0,665	0,683
14 ,05	10 ,72	10 ,80	3 ,29	755,68	0,440	0,636	0,658
16 ,19	11 ,88	11 ,95	4 ,28	755,11	0,450	0,570	0,589
16 ,20	12 ,25	12 ,33	3 ,91	754,70	0,474	0,598	0,623

Diese Versuche beweisen auf's Klarste, dafs eine und dieselbe Formel nicht anwendbar ist auf diese verschiedene Fälle.

Ich habe zu erfahren gesucht, ob für Versuche in freier Luft, aber unter verschiedenem atmosphärischen Druck angestellt, eine und dieselbe Formel gültig sey. Dazu bedurfte es, die nämlichen Versuche, die ich in Paris angestellt hatte, an sehr hochliegenden Orten zu wiederholen. Da ich selbst dergleichen Versuche nicht anstellen konnte, so bat ich Hrn. Marié, einen meiner

1) Mit Aspirator No. 2.

Zöglinge, dieselben auszuführen. Dieser junge Physiker hat zwei Reihen Versuche angestellt, eine zu *St. Étienne*, im Mai und Juni 1843, unter einem mittleren Barometerdruck von 705 Millm., und die andere auf dem *Mont Pila* unter einem Druck von 655 Millm.

Die Versuche des Hrn. Marié wurden ganz nach den Methoden der meinigen angestellt; sie zeigen aber weit gröfsere Unregelmäfsigkeiten, weil die Umstände bei ihnen ungünstiger waren, die Thermometer oft während eines Versuchs um mehre Grade schwankten. Es ist dann sehr schwierig, die mittlere Feuchtigkeitsmenge sicher zu berechnen, wenigstens wenn nicht die Thermometerbeobachtungen in sehr kurzen Zeiten auf einander folgen, was unglücklicher Weise bei den Versuchen des Hrn. Marié nicht der Fall war.

Endlich war Hr. Izarn so gut, im Juli 1844 einige Versuche in den Pyrenäen zu machen, und zwar einerseits mit dem Psychrometer, das zu den Beobachtungen Tafel I, zweite Reihe, und Tafel III gedient hatte, so wie andererseits durch Bestimmung der Luftfeuchte mittelst meines Condensations-Hygrometers.

Psychrometer.			Condens.-Hygrom.		Sättigungsstufe.	
t	t'	$t-t'$	δ	H_0	Condens.	Psychrom.
				mm.		
20°,12	17°,37	2°,75	15°,39	700	0,7437	0,7632
20 ,68	16 ,77	3 ,91	15 ,34	700	0,7157	0,6746
20 ,56	16 ,91	3 ,65	14 ,99	700	0,7047	0,6937
20 ,92	18 ,45	2 ,47	16 ,62	700	0,7651	0,7903
20 ,55	18 ,29	2 ,26	16 ,70	700	0,7864	0,8055
20 ,32	18 ,22	2 ,10	16 ,63	700	0,7942	0,8177
13 ,50	11 ,53	1 ,97	9 ,22	700	0,7542	0,7937
13 ,60	11 ,56	2 ,04	9 ,32	700	0,7548	0,7871
13 ,44	11 ,51	1 ,93	9 ,37	700	0,7652	0,7975
14 ,13	11 ,97	2 ,16	9 ,43	700	0,7350	0,7786

Die Versuche des Hrn. Izarn gaben für $\frac{x}{f}$ etwas gröfsere Werthe, als man aus der Temperatur der Be-

thauung des Condensators findet; und dasselbe Resultat geht im Allgemeinen auch aus den Versuchen des Hrn. Marié hervor.

Die Gesammtheit dieser Bestimmungen zeigt, dafs wenn für die Beobachtungen in freier Luft die Formel

$$x = f' - \frac{0{,}429\,(t - t')}{610 - t'}\,h$$

angenommen wird, man etwas zu grofse Spannkräfte x erhält. Um sie der Wahrheit näher zu bringen, würde man den Coëfficienten 0,429 nur etwas zu vergröfsern brauchen. Der Coëfficient 0,480 bringt für Sättigungsstufen über 0,40 eine fast vollständige Uebereinstimmung zwischen den berechneten und direct beobachteten Resultaten zu Wege; allein für geringere Sättigungsstufen führt er im umgekehrten Sinne zu einer gröfseren Abweichung als der Bruch 0,429. Es scheint daraus hervorzugehen, dafs der Coëfficient B der Formel (4) von $t-t'$ abhängt, offenbar, weil die Luft, wenn sie sehr trocken ist, verhältnifsmäfsig mehr Dampf aufnimmt, als wenn sie der Sättigung nahe kommt.

Um die in abgeschlossenen Räumen gemachten Bestimmungen, wie die in Tafel III. und IV., wieder zu geben, müfste man einen weit gröfseren Coëfficienten anwenden.

Ich enthalte mich für jetzt, eine neue Psychrometerformel aufzustellen, da ich die mir zu Gebote stehenden Elemente nicht für genügend erachte. Ich beschäftige mich damit, den Werth λ, d. h. die latente Wärme, welche das Wasser bei Verdampfung in Luft von der Temperatur t absorbirt, durch directe Versuche zu bestimmen. Der vorhin angenommene Werth $610 - t$ wurde durch Induction angenommen, nach zahlreichen Versuchen, die ich unter verschiedenem Druck über die latente Wärme des Wasserdampfs angestellt habe und künftig veröffentlichen werde. Allein bei diesen Versuchen habe ich niemals unter geringeren Dampfdrucken

als 0,2 Atmosphäre gearbeitet, und diese sind immer noch bedeutend stärker als die Spannungen, welche der Dampf in der Atmosphäre besitzt.

Es wird auch zweckmäfsig seyn, neue Versuche an sehr hochgelegenen Orten anzustellen, um sich zu versichern, ob das zweite Glied der Formel die gehörige Berichtigung wegen der Veränderungen von *h* enthalte.

Die so eben gegebenen Auseinandersetzungen werden hinreichend zeigen, dafs die Theorie des Psychrometers nicht so einfach ist, wie man insgemein annimmt, und dafs man noch, um dieses Instrument wahrhaft nützlich zu machen für die Meteorologie und physikalische Geographie, eine grofse Zahl von Versuchen unter sehr mannigfaltigen Umständen anstellen mufs, um zu erfahren, ob es *möglich* sey, für das Psychrometer eine einzige Formel aufzustellen, und um die zur Berechnung der Coëfficienten nöthigen Elemente zu erhalten.

Zu wünschen ist, dafs die Physiker, die an den Fortschritten der Meteorologie Interesse nehmen, sich in verschiedenen Klimaten mit diesen Versuchen beschäftigen [1]); hoffentlich werden ihnen die in dieser Abhandlung gepflogenen Erörterungen und beschriebenen Methoden dabei von einigem Nutzen seyn können.

II. *Ueber den Siedpunkt des Wassers in verschiedenen Höhen; von Hrn. V. Regnault.*

(*Compt. rend. T. XX. p.* 163.)

Ich habe die Ehre, der Academie zwei Notizen zu überreichen, betreffend den Siedpunkt des Wassers in verschiedenen Höhen. Die eine enthält Beobachtungen von

1) Dabei wäre auch auf die Arbeit von Suerman (Ann. Bd. 41, S. 474) Rücksicht zu nehmen, die Hr. Regnault ganz unbeachtet gelassen hat. *P.*

den HH. Martins und Bravais bei deren Ersteigung des Montblanc, die andere Beobachtungen von Hrn. Izarn aus den Pyrenäen.

In den *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XI. p.* 334 habe ich, als das Resultat einer langen Reihe von Beobachtungen, eine neue Tafel über die Spannkraft des Wasserdampfs von $-32°$ C. bis $+100°$ C. gegeben [1]); seitdem habe ich gesucht, die Richtigkeit dieser Tafel auf verschiedene Weise zu prüfen. Für Temperaturen nahe an 100° C. kann man eine sehr hübsche Prüfung dadurch vornehmen, dafs man mit einem sehr richtigen Thermometer den Siedpunkt des Wassers auf hohen Bergen beobachtet. Bereits habe ich in meiner Abhandlung zwei Reihen Versuche beigebracht, die zu diesem Zwecke angestellt wurden, die eine von Hrn. Marié bei einer Ersteigung des Mont Pila im December 1843, und die andere von den HH. Bravais und Peltier im Sommer 1842 bei einem Ausflug auf das Faulhorn.

Die Beobachtungen des Hrn. Marié stimmen gut mit meiner Tafel, die der HH. Bravais und Peltier dagegen weichen sehr von ihr ab. Ich schreibe diese Abweichungen dem Umstande zu, dafs das von diesen Physikern angewandte Thermometer sehr grofse Veränderungen in der Lage seines Nullpunkts zeigte, was nothwendigerweise entsprechende Anomalien in der Ablesung des Nullpunkts nach sich ziehen mufste.

Um genaue Resultate bei derlei Bestimmungen zu erhalten, ist es nicht genug, dafs das Thermometer mit grofser Genauigkeit getheilt sey; es mufs auch sein Behälter aus einem Glase bestehen, das sich sehr regelmäfsig ausdehnt. Eine lange Erfahrung hat mich gelehrt, dafs die verschiedenen Glassorten dieser Bedingung nicht in gleichem Grade genügen. So zeigen die mit gewöhnlichem Glase construirten Thermometer oft Verschiebungen des Nullpunkts um $\frac{1}{2}$ Grad, blofs dadurch, dafs in

1) Man wird sie im nächstens erscheinenden Ergänzungshefte finden.

der Zwischenzeit zweier Bestimmungen dieses Festpunktes das Thermometer auf 100° gebracht ward [1]), während Thermometerröhren von Krystallglas, das ich eigens auf der Hütte von *Choisy-le-Roi* anfertigen, und an welche ich sogleich durch einen geschickten Künstler (Hr. Bunten) Behälter anblasen liefs, nur sehr geringe, selten bis auf 0°,05 steigende, meistens darunter bleibende Veränderungen darbieten.

Zuweilen jedoch zeigt das Thermometer grofse Unregelmäfsigkeiten, wenn auch der Stiel desselben aus Krystallglas von Choisy-le-Roi besteht, und das Behälter sogleich an den Stiel geblasen ist; das Glas des Behälters hat sich während des Blasens verändert: dieser Umstand zeigte sich bei dem Thermometer, welches ich den HH. Bravais und Peltier zu ihren Beobachtungen im J. 1842 übergeben hatte. Man mufs in diesem Fall nicht anstehen, den Behälter des Thermometers abzuschneiden und einen neuen zu blasen. Diefs geschah bei dem hier in Rede stehenden Thermometer, und vor der Abreise überzeugte man sich auf's sorgfältigste, dafs dasselbe einen hinreichend regelmäfsigen Gang besafs.

Die Beobachtungen des Hrn. Izarn in den Pyrenäen wurden mit dem Thermometer No. 8 und einem Fortin'schen Barometer gemacht, die zu meinen Versuchen über die Spannkraft des Wasserdampfs gedient hatten. Um zu zeigen, dafs diese Beobachtungen alles Zutrauen verdienen, füge ich hinzu, dafs Hr. Izarn sehr geübt ist in derlei Beobachtungen, und mich bei allen meinen Versuchen über den Dampf mit eben so viel Eifer als Geschicklichkeit unterstützt hat.

Man kann aus den in beiden Notizen gegebenen Tafeln S. 365 und S. 369 ersehen, dafs die Unterschiede zwischen den direct beobachteten Barometerständen und den nach meiner Tafel aus den Siedpunkten des Was-

1) Eine Erfahrung, die schon Egen im J. 1827 gemacht. S. Ann. Bd. 11, S. 353. *P.*

sers berechneten immer sehr klein sind; sie erreichen selten 1 Millimeter, und sind bald positiv, bald negativ. Ein Unterschied von 1 Millm. im Barometerstande entspricht einem Unterschied von weniger als 0°,05 im Siedpunkte; die Unsicherheit ist von einer Ordnung, wie sie beim gegenwärtigen Zustand das vollkommenste Thermometer darbietet. Ich habe gezeigt [1]), dafs ein und dasselbe Thermometer nicht allein bei verschiedenen Beobachtungen keine gleiche Lage des Nullpunkts zeigt, sondern auch bei mehren Bestimmungen, die nach einigen Zwischenzeiten gemacht werden, keinen gleichen Werth des Grades finden läfst.

So fanden wir für das Thermometer No. 8 für den Werth des Grades:

1842 Mai 9	kurze Zeit nach seiner Anfertigung	5,8876,
1844 Juli 17	- - - - - -	5,8919,
1844 Aug. 30	- - - - - -	5,8945.

Hienach, glaube ich, kann meine Tafel der Spannkräfte des Wasserdampfs als streng bestätigt zwischen 84 und 100° C. angesehen, und mit vollem Zutrauen zur Berechnung der Höhen aus den Siedpunkten des Wassers angewandt werden. Diese hypsometrische Methode bietet dem Reisenden, der schwierige Gegenden zu durchreisen hat, grofse Vortheile vor dem Gebrauch des Barometers, denn sie gestattet ihm, mit einem sehr kleinen und nicht belästigenden Apparat sehr genaue Resultate zu erhalten.

Hr. Izarn war so gut, in den Pyrenäen einige Versuche zu machen mit einem kleinen Apparat, den ich ihm übergeben hatte; er konnte die Angaben des in diesem Apparat befindlichen Thermometers mit denen des Thermometers No. 8 in einem grofsen Siedgefäfs vergleichen.

Dieser kleine Apparat besteht aus mehren Messingröhren, die wie das Rohr eines Fernglases in einander

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III, T. IV, p.* 65. (Ann. Bd. 55. S. 584.)

zu schieben sind. Die untere Röhre, die 30 (?) Centm. Durchmesser hat, dient als Kessel, und wird mit etwa 40 Kubikcentm. Wasser gefüllt; sie ist von einer weiteren Röhre umgeben, die auf eine Weingeistlampe geschraubt wird, als Schornstein dient, und die Flamme vor dem Winde schützt. Völlig eingeschoben hat der Apparat eine Höhe von 15 Centm., ausgezogen eine von 55.

Das Thermometer hat eine willkührliche Theilung, die nur von 80 bis 100° C. reicht. Es ist folgendermaſsen graduirt. Zuerst ist es mit Quecksilber gefüllt, so weit, daſs letzteres, bei Eintauchung in schmelzendes Eis, vom Behälter aus beim Drittel der Röhre stehen bleibt. Man bezeichnet diesen Punkt genau, und stellt darauf das Thermometer in Wasser von der umgebenden Temperatur, das man beständig umrührt, neben einem Normalthermometer. Hat man nun den jetzigen Stand aufgezeichnet, so kann man den Werth des Grades berechnen. Man läſst jetzt eine Portion Quecksilber austreten, so daſs, wenn das Thermometer in den Dampf von siedendem Wasser gebracht wird, die Quecksilbersäule noch oben in der Röhre stehen bleibt. Dann reinigt man das Thermometer wie gewöhnlich von Luft, und bestimmt genau den Punkt 100 der willkührlichen Skale. Der Gradwerth des so modificirten Thermometers ergiebt sich durch eine sehr einfache Rechnung aus dem Werth, den man für den Grad des ursprünglichen Thermometers gefunden hatte.

Folgendes sind nun die Beobachtungen des Herrn Izarn:

No. 8.	Hypsom. Therm.	Unterschied.	No. 8.	Hypsom. Therm.	Unterschied.
96,35	96,32	—0,03	96,81	96,77	—0,04
95,40	95,31	—0,09	96,21	96,17	—0,04
96,10	96,07	—0,03	96,27	96,23	—0,04

Das andere hypsometrische Thermometer zeigte immer eine zu niedrige Temperatur, allein niemals stieg

der Unterschied auf 0°,1. Diese Genauigkeit ist in den meisten Fällen hinreichend, vor allem, wenn man zu der Beobachtung auf einem Berge keine gleichzeitige Beobachtung an dem tieferen Ort hat.

III. *Beobachtungen über die Siedhitze des Wassers, gemacht während einer Ersteigung des Montblanc von den HH. Martins und Bravais.*

(*Compt. rend. T. XX, p.* 166.)

Die Beobachtungen wurden im J. 1844 angestellt, mittelst eines Thermometers mit willkührlicher Skale, das Hr. Peltier überliefs, und desselben Apparats, den schon die HH. Peltier und Bravais im J. 1842 gebraucht hatten [1]).

No. der Beobachtung.	Ablesung d. Nullpunkts vor dem Sieden.	Ablesung d. Siedpunkts	Ablesung d. Nullpunkts nach d. Sieden.	Temp. berechn.	Druck beobachtet.	Druck berechnet.	Unterschied in mm.	Unterschied in Graden.
	(Willkührliche Skale.)			°	mm.	mm.		
1	86,72	717,72	86,55	99,880	756,85			
2	86,90	711,32	86,62	98,890	730,40			
3	85,90	697,16	86,10	96,713	673,99	674,92	+0,93	+0,038
4	86,80	656,10	86,40	90,171	529,69	528,88	— 0,81	— 0,040
5	86,50	636,30			470,07			
6	86,22	639,16	85,90	87,565	478,39	478,58	+0,19	+0,010
7		619,43	86,20	84,396	423,74	422,86	— 0,88	— 0,052

Von den Beobachtungen wurden angestellt: No. 1 in *Paris*, Juli 14. — No. 2 in *Genf*, Juli 28. — No. 3 in *Chamounix*, Sept. 2. — No. 4 zu *Grand-Mulets*, Juli 31. — No. 5 auf dem *Grand Plateau*, Aug. 8 — No. 6 *ebendaselbst*, Aug. 31. — No. 7 auf dem *Gipfel* des *Montblanc*, Aug. 29.

Vor jedem Versuch bestimmte man, wie zu sehen, die Lage des Nullpunkts, indem man das Thermometer

1) *Compt. rend. T. XVIII, p.* 572.

mit schmelzendem Eise umgab, und dasselbe geschah sogleich nach dem Sieden. Nur bei der Beobachtung auf dem Gipfel des Montblanc geschah das letztere erst 40 Stunden nach dem Sieden. Allen diesen Ablesungen entsprechen gleich geräumige Abtheilungen des Thermometerstiels.

Die Zahlen in der Spalte: »Beobachteter Druck«, ergaben sich durch ein Ernst'sches Barometer mit constantem Niveau und etwa 8 Millm. weiten Röhren; sie erfordern keine weitere Berichtigung, um den absoluten Druck vorzustellen. Die Ablesungen wurden zuvor berichtigt, indem man sie multiplicirte mit dem Verhältniſs der Stärke der Schwerkraft am Beobachtungsorte zu der in Paris. Hiebei wurde diese Stärke gleichgesetzt:

$$9^{m},8057\ (1-0{,}00259\ cos\,2l)\left(1-\frac{3h}{2R}\right),$$

worin l die geogr. Breite des Orts, h seine Meereshöhe und R der Erdradius. Diese Berichtigung, für Paris Null, beträgt $-0^{mm.},58$ für den Gipfel des Montblanc.

Um den Werth des Centigrads in Abtheilungen der willkührlichen Skale zu berechnen, ist Hrn. Regnault's Tafel der Spannungen des Wasserdampfs zum Grunde gelegt. In der Voraussetzung, diese Tafel sey von 760 bis 730 richtig, giebt die Beobachtung zu Paris $99^{\circ},88$ als Temperatur, die dem Druck $756^{mm.},85$ entspricht. Betrachtet man dann die Ablesung *nach* dem Sieden als die des wahren Nullpunkts des Instruments, so hat man:

$$717{,}72-86{,}55=631^{Abth.},17=99^{\circ},88,$$

woraus $1^{\circ}\,C=6{,}3193$ Abtheilungen.

Die Beobachtung in Genf, eben so behandelt, giebt $1^{\circ}=6{,}3171$ Abtheil.

Als Werth des Grades wurde das Mittel aus diesen beiden Bestimmungen genommen, also:

$$1^{\circ}=6{,}3182\ \text{Abtheil.}$$

Dieser Werth wurde zur Berechnung der Siedpunkte an anderen Stationen angewandt, und dabei die Ablesung *nach* dem Sieden immer als wahrer Nullpunkt betrachtet.

So erhielt man die Zahlen 96°,713, 90°,171 u. s. w. Es ist unnöthig, die veränderliche Wirkung des Luftdrucks auf den Thermometerbehälter in Rechnung zu ziehen, da die Prüfung des Nullpunkts und die des Siedpunkts jedesmal unter dem Einfluſs von beinahe identen Drucken vollzogen ward (was bei den Beobachtungen auf dem Faulhorn, im J. 1842, nicht geschah). War z. B. die zu *Grand-Mulets* gemachte Ablesung 656,10 Abtheil. in Folge der Verringerung des äuſseren Drucks um 0,30 Abth. zu gering, so war es die Zahl 86,40 Abtheil. ebenfalls um dieselbe Gröſse. Der Unterschied 656,10 — 86,40, den man zur Berechnung der Temperaturen anwandte, bedurfte also keiner Berichtigung.

Die Spalte: »Berechneter Druck«, enthält die entsprechenden aus den Temperaturen mittelst Hrn. Regnault's abgeleiteten Spannkräfte. Die Unterschiede zwischen diesen und den beobachteten Drucken steigen nicht auf 1 Millm.

Die Beobachtung am 8. August ist unvollständig, weil der Nullpunkt nicht nach dem Sieden bestimmt wurde. Sieht man indeſs 86,0 Abtheil. als wahrscheinliche Lage dieses Punktes an, so findet man 87°,097 als Temperatur des Dampfs, und der Druck, der dieser nach Hrn. Regnault's Tafel entspricht, ist 469,99 Millm., was nur sehr wenig von dem beobachteten Druck abweicht. Indeſs verdient diese Beobachtung kein so groſses Zutrauen als die vom 31. August an demselben Ort.

Um die Geschichte dieses Thermometers zu vollenden, muſs noch hinzugefügt werden, daſs sein Nullpunkt am 24. Sept. der Abtheilung 87,3 seiner Skale entsprach; späterhin wurde es unbrauchbar.

An dem Thermometer, dessen sich die HH. Peltier und Bravais in den Alpen bedienten, waren die Verschiebungen des Nullpunkts nach jeder Erhitzung bis 90° oder 100° C. sehr bedeutend, im Durchschnitt = 0°,175.

Bei dem von den HH. Martins und Bravais auf ihrer Ersteigung des Montblanc benutzten Thermometer war der Nullpunkt ein standfester. Der Unterschied zwischen den Ablesungen vor und nach dem Sieden stieg nur auf 0°,037.

Endlich stand den HH. M. und B. auf derselben Reise ein drittes Thermometer zu Gebote, welches ihnen von Hrn. Regnault anvertraut worden und noch weniger veränderlich war. Diefs Thermometer, wovon eine Abtheilung = 0°,216 C., gab ihnen folgende Resultate in Betreff der Lage des Nullpunkts: zu *Paris* vor dem Sieden 239,22, nachher 239,15 Abtheil.; zu *Genf* vor dem Sieden 239,35, nachher 239,27 Abtheil. Die Verschiebung betrug hier also nur 0°,016 C.

IV. *Ueber den Siedpunkt des Wassers auf verschiedenen Höhen in den Pyrenäen; von Hrn. Izarn.*

(*Compt. rend. T. XX, p.* 169.)

Das zu diesen Beobachtungen dienende Thermometer war No. 8, welches Hr. Regnault bei seinen Versuchen über die Spannkräfte des Wasserdampfs anwandte. Der Apparat zum Sieden war der, dessen man sich im Laboratorio des *Collége de France* gewöhnlich bedient, um den Punkt 100 der Thermometer zu bestimmen. Das Barometer war ein Fortin'sches; seine Angaben sind wegen der Unterschiede in Höhe und geogr. Breite berichtigt.

Es war unmöglich, den Nullpunkt des Thermometers vor und nach jedem Versuch zu bestimmen, da es auf den Höhen, wo ich mich befand, keinen Schnee gab. Ich machte bei jeder Ersteigung gewöhnlich zwei bis vier Versuche, und be-

bestimmte den Nullpunkt nach meiner Rückkehr zu *Eaux-Bonnes;* mit der so erhaltenen Zahl berechnete ich meine Versuche. Um mich indeſs bis zu einem gewissen Punkt von der Beständigkeit des Ganges meines Thermometers zu überzeugen, zog ich dasselbe nach jedem Versuch aus dem Apparat, lieſs es auf die Temperatur der Umgebung kommen, und brachte es dann wieder in den Dampf. So erhielt ich eine zweite Bestimmung, die in der Tafel mit *B* bezeichnet ist. Die Unterschiede der Resultate successiver Bestimmungen gehen nicht über 0°,03, gehören zur Ordnung der Beobachtungsfehler, und sind überdieſs bald positiv, bald negativ.

Man wird bemerken, daſs das Thermometer bei den Beobachtungen am 22. und 27. Juli gleichen Nullpunkt zeigte, obwohl es mehrmals auf 97° gebracht worden war. Ich füge hinzu, daſs er sich seit dem 26. Oct. 1843 nicht verändert hat, wo ich ihn in einem Tagebuch des Hrn. Regnault bei 66p fand. Am 12. Aug. fand sich der Nullpunkt bei 64p,9, was eine Senkung von 1p,1=0°,19 ist. Diese Senkung wurde durch einen auſsergewöhnlichen Umstand veranlaſst. Am 29. Juli hatte ich zwei Bestimmungen gemacht, die nicht in der Tafel aufgeführt sind, weil auf dem Transport des Thermometers die Quecksilbersäule sich getrennt hatte, und ich genöthigt war, den Behälter etwas stark zu erhitzen, um diese Säule in die am Ende der Röhre befindliche Erweiterung zu treiben. Das Instrument war dadurch hergestellt, aber der Nullpunkt gleich hernach auf 64p,8 herabgesunken. Am 11. Aug. lag er auf 64p,9, und auf diesem Punkt erhielt er sich an den folgenden Tagen. Bei meiner Rückkehr nach Paris fand ich ihn am 30. August bei 65p,05; am 13. Nov. war er auf 65p,5 gestiegen, und am 20. Jan. 1845 lag er bei 65°,7.

Zeit 1844	Nullp. vor d. Sieden.	Siedpkt.	Nullp. nach d. Sieden.	Temperat.	Spannung berechnet.	Spannung beobachtet.	Unterschied.	Untersch. in Graden.
Juli 22	66p	641p,6	66p	97°,69	699,37	700,02	— 0,65	0,025
- 23	-	638 ,37	-	97 ,15	685,77	685,72	+ 0,05	0,002
- -	-	632 ,74	66	96 ,18	661,89	662,35	— 0,46	0,019
- 27	-	633 ,70	-	96 ,35	666,02	666,94	— 0,92	0,037
- -	-	628 ,08	66	95 ,40	643,19	643,26	— 0,07	0,003
Aug. 12	-	631 ,55	-	96 ,17	661,63	660,78	+ 0,85	0,035
- 12 *B*	-	631 ,40	-	96 ,15	661,15	669,73	+ 0,42	0,017
- -	-	625 ,86	-	95 ,21	638,70	637,37	+ 1,33	0,056
- 12 *B*	-	625 ,71	64 ,9	95 ,18	638,00	637,28	+ 0,72	0,030
- 15	-	635 ,30	-	96 ,81	677,32	676,92	+ 0,40	0,016
- 15 *B*	-	635 ,35	-	96 ,82	677,56	676,92	+ 0,64	0,026
- -	-	631 ,75	-	96 ,21	662,62	663,13	— 0,51	0,021
- 15 *B*	-	631 ,85	64 ,9	96 ,22	662,86	663,10	— 0,24	0,010
- 16	-	632 ,25	-	96 ,29	664,49	664,46	+ 0,03	0,001
- -	-	625 ,85	-	95 ,21	638,71	638,49	+ 0,22	0,009
- 16 *B*	-	626 ,05	64 ,9	95 ,24	639,41	639,26	+ 0,15	0,006

Man sieht, dafs die Unterschiede zwischen den beobachteten und den mittelst der Barometerstände aus Hrn. Regnault's Tafel abgeleiteten Siedpunkten nicht 0°,037 C. übersteigen, abgerechnet einen einzigen, der 0°,056 erreichte.

V. *Ueber die Verschiebungen des Nullpunkts an Thermometern; von Hrn. Person.*

(*Compt. rend. T. XIX, p.* 1314.)

Die gröfsten Erhöhungen, die man bisher am Nullpunkt der Thermometer beobachtet hat, sind nur ein kleiner Bruch von derjenigen, die zu entstehen strebt, und nach den weiterhin angeführten Versuchen wenigstens auf 15 bis 20 Grad zu setzen ist.

Der Zusammenzug des Glases, welcher den Behälter verringert, geschieht in gewöhnlicher Temperatur nur unvollständig; nach den Beobachtungen von Despretz

beträgt das Steigen des Nullpunkts in 4 bis 5 Jahren höchstens einen halben Grad.

Bei 300° C. ist das Schwinden des Glases (*travail de verre*) bedeutender; allein da diese Temperatur noch weit von derjenigen ist, bei welcher die Erstarrung oder Härtung eintritt, so müfste man den Behälter sehr lange bei 300° C. erhalten, um eine beträchtliche Zusammenziehung zu bekommen. Die HH. Legrand und Pierre haben ihre Versuche nicht in dieser Absicht angestellt; sie erreichten blofs die Temperatur 300° C., und liefsen dann erkalten; auch stiegen die gröfsten der von ihnen beobachteten Erhöhungen selten über 1 Grad.

Indem ich bei 440° C. arbeitete, und diese Temperatur mehre Stunden unterhielt, bekam ich Erhöhungen von 12, von 15 und selbst von 17 Grad.

Folgende Tafel enthält einen Versuch mit 6 Thermometern, die drei Stunden lang in einem Bad von Salpeter blieben, dessen Temperatur zwischen 430° und 450° C. schwankte. Sie waren aufgehängt, damit ihr eignes Gewicht nicht zur Verkleinerung des Behälters beitrüge, und da der innere Druck etwa 4 Atmosphären betrug, so konnte diese Verkleinerung offenbar nicht dem äufseren Druck zugeschrieben werden.

Bezeichnung der Thermometer.	Steigen d. Nullpunkts während des Versuchs.
Therm. No. X, seit fünf Monaten verfertigt, und in gewöhnlicher Temperatur geblieben. Nullpunkt um 0°,6 gestiegen. So viel Luft über dem Quecksilber, dafs es bis auf 440° C. stieg, ohne zu sieden	13°,0
Therm. No. XIV, ganz neu. Luftleer.	17 ,2
Therm. No. XIII, von derselben Röhre wie No. XIV gemacht, aber vor der Füllung mit Quecksilber zwei Stunden lang bei 440° C. angelassen. Luftleer.	5 ,3
Therm. No. XI, durch früheres Anlassen der Nullpunkt schon um 9°,5 gestiegen. Luftleer.	2 ,6

Bezeichnung der Thermometer.	Steigen d. Nullpunkts während des Versuchs.
Therm. XII, durch früheres Anlassen der Nullpunkt schon um 11°,5 erhöht. Luftleer.	2°,2
Therm. VIII, durch früheres Anlassen der Nullpunkt schon um 13° erhöht. So viel Luft darin, dafs es bis 460° C. steigen konnte.	1 ,4

Ich füge eine Tafel hinzu, welche zeigt, wie bei No. VIII der Nullpunkt durch successives Anlassen stieg; er war bereits um 5° gestiegen, weil dieses Thermometer schon seit einiger Zeit zur Messung sehr hoher Temperaturen gedient hatte.

Temperatur.	Dauer des Anlassens.	Erhöhung des Nullpunkts.
440°	0h 20'	1°,2
430	0 50	2 ,6
400	1 10	1 ,2
440	1 10	2 ,2
440	1 10	1 ,0
440	3 0	1 ,4

Neben No. VIII befand sich ein anderes Thermometer, dessen Grade beinahe 22 Millimeter lang waren. Nach zweimaligem Anlassen war der Nullpunkt etwa 12 Centimeter gestiegen; dabei blieb man stehen, weil das Quecksilber fast am Ende seines Laufes war.

Alle diese Thermometer sind von Krystallglas aus demselben Hafen, mit einem daran geblasenen, nicht daran geschmolzenen Behälter.

Die allmälige Verengerung des Behälters, welche wir hier in so starkem Maafse eintreten sehen, ist eine Fehlerquelle, die man nicht immer in Rechnung ziehen kann. Wenn das Thermometer No. X drei Stunden lang in einem Bade gehalten würde, das wir als constant auf 440° C. geblieben annehmen wollen, so würde die Temperatur allmälig um 13° zu steigen scheinen. Wenn man hernach den Nullpunkt untersuchte, würde man finden,

dafs er um 13° gestiegen ist; da man aber den Gang nicht kennt, den er befolgte, so wird man unmöglich wissen können, ob die Temperatur in der That constant geblieben ist. Glücklicherweise liefert das Anlassen ein Mittel, diese Fehlerquelle so viel man will zu schwächen. Es ist z. B. gewifs, dafs das Thermometer No. VIII drei Stunden lang in einem Bade von 440° C. blieb, ohne um 1° zu variiren.

Die Thermometer XIII und XIV, die aus derselben Röhre verfertigt und unter indentische Umstände versetzt sind, weichen um 12° von einander ab, weil das eine angelassen ist, das andere aber nicht. Hier sieht man deutlich die Ursache des Unterschiedes, und das Mittel, ihn zu vernichten. Die Unterschiede, die man so häufig bei den Thermometern antrifft, rühren wahrscheinlich zum grofsen Theil von derselben Ursache her, und man darf glauben, dafs man durch ein Anlassen bei 450° weit vergleichbarere Thermometer haben werde.

Hr. Despretz hat gezeigt, dafs der Behälter eines Thermometers, das erkältet wird, insgemein nicht auf seine früheren Dimensionen zurückkommt. Daraus folgt, dafs wenn man nicht lange genug erhitzt hat, um eine merkliche Zusammenziehung zu bewirken, der Nullpunkt sich nach dem Erkalten gesenkt erweist. Das Gegentheil findet statt, wenn man es lange erhitzt hat, und die Combination dieser beiden entgegengesetzten Effecte ist ohne Zweifel die Hauptursache der Unregelmäfsigkeiten, die man in den Verschiebungen des Nullpunkts wahrgenommen hat. Da die Contractionen und Dilatationen des Glases nach dem Anlassen weit regelmäfsiger sind, so ist es sehr möglich, dafs man keine Senkung des Nullpunkts mehr beobachten, und somit, da keine Erhöhung stattfindet, einen nahezu festen Punkt haben werde, wenigstens wenn man plötzliche Temperaturveränderungen vermeidet. Das ist eine noch zu studirende Aufgabe.

VI. *Ueber die Theorie des Sehens; von Hrn. Sturm.*

(Schlufs von S. 134.)

Ich gebe nun die Rechnungen, durch welche man die Gestalt eines sehr dünnen homogenen Lichtbündels bestimmen kann, das, von einem Punkte aus, durch verschiedene Mittel gegangen ist. Nach dem verallgemeinerten Theorem von Malus sind diese Strahlen nach der letzten Brechung normal auf einer gewissen Fläche.

Betrachten wir nun irgend eine Fläche s (siehe die Fig. 18, Taf. I), bezogen auf drei rechtwinkliche Coordinaten, und vorgestellt durch eine Gleichung:

$$z=f(x,y).$$

Setzt man:

$$\frac{dz}{dx}=p\,,\ \frac{dz}{dy}=q,$$

so sind bekanntlich die Gleichungen für die Normale irgend eines Punkts (x, y, z):

$$X-x+p(Z-z)=o$$
$$Y-y+q(Z-z)=o,$$

wo X, Y, Z die laufenden Coordinaten sind.

Nimmt man zum Anfang einen Punkt O der Fläche s, zur Axe der z die Normale dieses Punkts, und zur Axe der x und y zwei unter einander winkelrechte Gerade in der den Punkt O tangirenden Ebene, so werden x, y, z, q und p für den Punkt O Null seyn, und man wird für die Normale OZ haben:

$$X=o\ ;\ Y=o.$$

Betrachten wir einen anderen Punkt M, nahe beim Punkt O, und dessen Coordinaten ξ, η, ζ seyen. Setzt man:

$$\frac{dp}{dx}=r\ ,\ \frac{dp}{dy}=s=\frac{dq}{dx}\ ,\ \frac{dq}{dy}=t,$$

so wird, wenn man vom Punkt O zum Punkt M übergeht, der Werth von p:

$$p+\frac{dp}{dx}\xi+\frac{dp}{dy}\eta+\mu,$$

oder:

$$r\xi+s\eta+\mu,$$

worin p für den Punkt O Null ist, die Werthe von r und s für den Punkt O genommen sind, und μ eine Gröſse bezeichnet, deren Verhältniſs zu ξ oder η gegen Null strebt, wenn ξ und η unendlich klein werden.

Eben so wird der Werth von q für den Punkt M seyn:

$$s\xi+t\eta+\nu,$$

wo s und t sich ebenfalls auf den Punkt O beziehen, und ν gegenüber ξ und η unendlich klein wird.

Die Normale des Punkts M wird also vorgestellt durch die beiden Gleichungen:

$$X-\xi+(r\xi+s\eta+\mu)(Z-\zeta)=o$$
$$Y-\eta+(s\xi+t\eta+\nu)(Z-\zeta)=o,$$

welche werden:

$$X-\xi+(r\xi+s\eta)Z=o$$
$$Y-\eta+(s\xi+t\eta)Z=o,$$

wenn man den Punkt M als dem Punkt O sehr nahe voraussetzt, also in Bezug auf ξ und η nur die Glieder erster Ordnung nimmt. Man vernachlässigt ζ, welches von zweiter Ordnung ist [weil $\zeta=\frac{1}{2}(r\xi^2+2s\xi\eta+t\eta^2)+etc$], und sich überdieſs mit sehr kleinen Gröſsen erster Ordnung multiplicirt findet.

Nimmt man zur Axe der x und y die Tangenten an den beiden Hauptschnitten der Fläche im Punkt O, so hat man:

$$s=o\;;\; r=\frac{1}{F}\;;\; t=\frac{1}{f},$$

wo F und f die beiden Hauptkrümmungsradien OF und Of der Fläche im Punkte O bezeichnen, von denen jeder positiv oder negativ seyn kann, je nachdem er im Sinne OZ oder umgekehrt gerichtet ist. Die beiden Gleichungen für die Normale des Punktes M werden:

$$X=\xi\left(1-\frac{Z}{F}\right),\quad Y=\eta\left(1-\frac{Z}{f}\right).$$

Diese Normale trifft die Ebene ZOX in einem Punkt, für welchen

$$Y=o\;;\; Z=f\;;\; X=\xi\left(1-\frac{f}{F}\right),$$

und die Ebene ZOY in einem anderen Punkt, für welchen

$$X=o\;;\; Z=F\;;\; Y=\eta\left(1-\frac{F}{f}\right),$$

woraus man sieht, daſs sie die Gerade cfc' parallel einer durch den Krümmungsmittelpunkt f gezogenen Linie OX schneidet, in einem Punkt, dessen Abstand von dem Punkt f proportional zu ξ ist, und daſs sie auch die Gerade CFC' parallel einer durch den andern Krümmungsmittelpunkt F gezogenen Linie OY schneidet, in einem Abstand von F proportional zu η. Diese Normale in M hat also die Richtung des Durchschnitts der beiden Ebenen, die durch den Punkt M und die beiden Geraden cfc' und CFC' gehen. Die Normalen oder Lichtstrahlen, die durch die verschiedenen Punkte eines sehr kleinen, um den Punkt O entweder auf der Fläche oder auf deren Tangentialebene gezogenen Umrisses gehen, stützen sich also immer auf zwei feste Gerade cfc' und CFC', und bilden eine geregelte Fläche, deren Gleichung leicht zu erlangen ist.

Nimmt man an, dieser kleine Umriſs oder diese kleine Oeffnung sey ein Kreis, die den Punkt O zum Mittelpunkt und δ zum Radius habe, so erhält man die Gleichung dieser geregelten Fläche durch Elimination von ξ und η zwischen den Gleichungen der Normale Mm:

$$X=\xi\left(1-\frac{Z}{F}\right);\; Y=\eta\left(1-\frac{Z}{f}\right),$$

und der des Kreises:

$$\xi^2+\eta^2=\delta^2,$$

was giebt:

$$\frac{X}{\delta^2\left(1-\frac{Z}{F}\right)^2}+\frac{Y}{\delta^2\left(1-\frac{Z}{f}\right)^2}=1.$$

Macht man Z constant, so sieht man, dafs jeder Schnitt aob der geregelten Fläche senkrecht auf der Axe OZ eine Ellipse ist, deren Halbaxen, in den beiden Hauptschnitten der Fläche s liegend, sind:

$$\delta\left(1-\frac{Z}{F}\right) \text{ und } \delta\left(1-\frac{Z}{f}\right) \text{ oder } \delta.\frac{oF}{OF} \text{ und } \delta.\frac{of}{Of},$$

und deren Flächenraum ist:

$$\pi\delta^2\left(1-\frac{Z}{F}\right)\left(1-\frac{Z}{f}\right) \text{ oder } \pi\delta^2.\frac{oF.of}{OF.Of},$$

so dafs dieser Flächenraum variirt wie das Rechteck $oF.of$. Das Maximum dieses Areals zwischen F und f entspricht der Mitte des Intervalls Ff, und hat zum Werth:

$$\pi\delta^2.\frac{(F-f)^2}{4Ff}.$$

In jedem der Punkte F und f reducirt sich der Durchschnitt auf eine gerade Linie. Dagegen wird der Durchschnitt ein Kreis, wenn man hat:

$$1-\frac{Z}{F}=\frac{Z}{f}-1 \text{ oder } \frac{F-Z}{F}=\frac{Z-f}{f},$$

das heifst:

$$oF : of :: OF : Of.$$

Sein Radius ist

$$\delta\left(\frac{F-f}{F+f}\right),$$

und sein Flächenraum

$$\pi\delta^2\left(\frac{F-f}{F+f}\right)^2.$$

Uebrigens sieht man, dafs die Normale Mm der Fläche s in irgend einem dem Punkte O unendlich nahe liegenden Punkt M (ξ, η, ζ) zusammenfällt in Richtung mit der Normale des osculirenden Paraboloïds, das durch die Gleichung

$$\xi=\tfrac{1}{2}(r\xi^2+t\eta^2) \text{ oder } \zeta=\tfrac{1}{2}\left(\frac{\xi^2}{F}+\frac{\eta^2}{f}\right)$$

ausgedrückt wird, wenn man die unendlich Kleinen zweiter Ordnung in der Gleichung der Normale vernachlässigt.

Die Betrachtung zweier unendlich naher Normalen führt auf die einfachste Weise zu den Theoremen über die Krümmung der Flächen, wodurch das, was sich über die Form eines kleinen Bündels von Normalen sagen läfst, vervollständigt wird.

Nimmt man, wie oben, die Normale OZ des Punktes O einer Fläche s zur Axe der z, so hat man für die Normale Mm eines vom Punke O um die unendlich kleine Gröfse δ entfernten Punktes M, dessen Coordinaten ξ, η, ζ sind, die Gleichungen:

$$X - \xi + (r\xi + s\eta) Z = o$$
$$Y - \eta + (s\xi + t\eta) Z = o,$$

wobei noch nicht $s = o$ vorausgesetzt ist.

Bezeichnend durch φ den Winkel, welchen die Ebene ZOM mit der Ebene ZOX macht, hat man:

$$\xi = \delta \cos\varphi \;,\; \eta = \delta \sin\varphi.$$

Ist der Punkt M gegeben, so wird die Lage der Normale dieses Punkts bestimmt seyn, wenn man kennt: den unendlich kleinen Winkel μ, den diese Normale Mm mit ihrer Projection auf die Ebene ZOM macht, und den Winkeln ν, den diese Projection mit OZ bildet. Der erstere Winkel ist das (positive oder negative) Complement des Winkels, den die Normale Mm mit der Normale der durch den Punkt M (im Winkel MOX) gelegten Ebene ZOM bildet. Nennt man c den Cosinus des Winkels, den die Normale Mm mit der Axe OZ macht, so hat man, nach den Gleichungen dieser Normale, für die Cosinus der Winkel, die sie mit den drei Axen OX, OY, OZ macht, die Werthe:

$$-c(r\xi + s\eta) \;,\; -c(s\xi + t\eta) \text{ und } c,$$

oder:

$$-c\delta(r \cos\varphi + s \sin\varphi) \;,\; -c\delta(s \cos\varphi + t \sin\varphi) \text{ und } c.$$

Der Perpendikel der (in den Winkel MOX) gelegten Ebene ZOM macht mit denselben Axen Winkel, deren Cosinus sind:

$$\sin\varphi \;,\; -\cos\varphi \text{ und } o.$$

Nach der Formel also, welche den Cosinus des Win-

kels zweier Geraden giebt, wird man, bei steter Vernachlässigung der unendlich Kleinen zweiter Ordnung, für welchen Fall $c=1$ ist, haben:

$$\sin\mu \text{ oder } \mu=\delta[(t-r)\sin\varphi\cos\varphi+s(\cos^2\varphi-\sin^2\varphi)],$$

oder:

$$\mu=\tfrac{1}{2}\delta[(t-r)\sin 2\varphi+2s\cos 2\varphi].$$

Betrachtet man eine andere normale Ebene ZOM', winkelrecht auf der Ebene ZOM, so wird die Normale der Fläche s im Punkte M' mit dieser Ebene ZOM' einen Winkel μ' bilden, dessen Werth sich aus dem von μ ergiebt, wenn man darin φ durch $\varphi+\frac{1}{2}\pi$ ersetzt, was giebt $\mu'=-\mu$, wobei die unendlich kleinen, die Fläche S tangirenden Längen OM, OM' als gleich und unter sich winkelrecht gedacht sind. Da die Winkel μ und μ' von entgegengesetzten Zeichen sind, so muſs es, vermöge des Stetigkeitsgesetzes, zwischen OM und OM' eine intermediäre Richtung ON geben, der Art, daſs die entsprechende Normale Nn sich in der nach dieser Richtung gelegten normalen Ebene befindet; sie ist bestimmt durch die Gleichung:

$$\mu=o \text{ oder } (t-r)\sin 2\varphi+2s\cos 2\varphi=o,$$

woraus

$$\tang 2\varphi=\frac{2s}{r-t}.$$

Die auf ihr senkrechte Richtung besitzt dieselbe Eigenschaft, und für jede andere Richtung wird μ nicht Null seyn, so daſs der kürzeste Abstand der Normale Mm von der Normale OZ nicht unendlich klein seyn wird in Bezug auf OM.

Eben so sieht man, daſs, da die Normalen der Punkte M und M' beide entweder innerhalb oder auſserhalb des Winkels der zwei rechtwinklichen Ebenen ZOM und ZOM' liegen, es immer zwischen diesen beiden Ebenen eine und zwar einzige Normale geben wird, die sich strenge in Einer Ebene mit OZ befindet, und OZ schneidet, selbst wenn man nichts im Calcul vernachlässigt, sobald nur der Abstand δ hinreichend klein ist.

Diese von Hrn. Bertrand auf eine andere Weise gefundenen Eigenschaften charakterisiren, wie er gezeigt hat, ein System von Geraden, die auf Einer Fläche normal sind; sie führen zu merkwürdigen Folgerungen [1]).

Nimmt man die Axe OX in dieser Richtung ON, so wird φ den Winkel bezeichnen, den irgend eine Richtung OM mit ON macht, und es mufs $\mu = o$ seyn, für $\varphi = o$, was giebt $s = o$; der allgemeine Werth von μ wird dann:

$$\mu = \tfrac{1}{2}\delta(t - r) \sin 2\varphi,$$

wo r und t die Werthe von $\frac{d^2z}{dx^2}$ und $\frac{d^2z}{dy^2}$ für den Punkt O in Bezug auf die neuen Axen bezeichnen.

Es ist also bewiesen, dafs man immer durch die

1) *Journ. de M. Liouville*, *T. IX*, *p.* 133. — Hr. Bertrand hat bewiesen, dafs damit Gerade, deren Richtung in Function der Coordinaten irgend eines ihrer Punkte gegeben ist, normal seyen auf einer Fläche (oder auf einer Reihe von Flächen), es erfordere und genüge, dafs, wenn man irgend einen Punkt O des Raums und die diesem Punkt entsprechende Gerade OZ nimmt, dann senkrecht auf OZ zwei unendlich kleine, unter sich gleiche und winkelrechte Längen OM und OM' aufträgt, die dem Punkt M entsprechende Gerade mit der Ebene ZOM einen Winkel mache, der gleich ist dem, welche die dem Punkt M' entsprechende Gerade mit der Ebene ZOM' macht.

Ich füge zu diesem Satz den folgenden, welcher ihn umfafst und vervollständigt: Betrachtet man ein System von geraden Linien, die nach irgend einem analytischen Gesetze im Raum vertheilt sind, und auf keiner Fläche normal seyn können; nimmt man nun irgend einen Punkt O des Raums und die diesem Punkt entsprechende Gerade OZ, trägt dann senkrecht auf OZ zwei unendlich kleine, unter sich gleiche und winkelrechte Längen OM, OM', so werden die unendlich kleinen Winkel μ und μ', welche die dem Punkt M entsprechende Gerade mit der Ebene ZOM, und die dem Punkt M' entsprechende Gerade ZOM' bilden, eine von Null verschiedene und constante (*algebraische*) Summe $\mu + \mu'$ haben, wie auch die Linien OM und OM' gerichtet seyn mögen, sobald sie nur immer gleich und unter sich und auf OZ in demselben Punkt O winkelrecht sind. Blofs in dem Fall ist die Summe $\mu + \mu' = o$, wenn die Geraden des Systems normal sind auf einer selben Fläche.

Normale OZ zwei unter sich winkelrechte Ebenen legen kann, dergestalt, dafs wenn man diese Ebenen und die Tangentialebene XOY zu Coordinatebenen nimmt, man für den Punkt O habe: s oder $\frac{d^2z}{dxdy}=o$. Diese Ebenen bestimmen die beiden Hauptschnitte der Fläche s.

Die Projection der jeglichen Normale Mm auf die Ebene ZOM macht mit OZ einen Winkel ν, dessen Tangente gleich ist dem Cosinus des Winkels zwischen Mm und OM, dividirt durch den Cosinus des Winkels zwischen Mm und OZ (denn diese Projection würde zur Gleichung haben:

$$X-\xi=(Z-\zeta)\,tang\,\nu,$$

wenn man die Ebene ZOM zur Ebene der x, z nähme). Dieser letztere Cosinus weicht von der Einheit unendlich wenig ab, und ν ist unendlich klein, mithin ist:

$$\nu=cos\,OMm.$$

Nun macht die Gerade Mm mit den Axen OX, OY, OZ Winkel, deren Cosinus sind:

$$-c\delta(r\cos\varphi+s\sin\varphi)\;,\;-c\delta(s\cos\varphi+t\sin\varphi)\text{ und }c.$$

Für die Gerade MO sind die Cosinus:

$$-\cos\varphi\;,\;-\sin\varphi\text{ und }o;$$

setzt man also $c=1$, so hat man: $cos\,OMm$, oder:

$$\nu=\delta(r\cos^2\varphi+2s\sin\varphi\cos\varphi+t\sin^2\varphi).$$

Die Ebene, welche die Normale Mm der Fläche s auf die Ebene ZOM projicirt, ist in M normal auf der Curve, nach welcher die Ebene ZOM die Fläche s schneidet; sie trifft die Normale OZ in einem Punkt, welcher bekanntlich der Krümmungsmittelpunkt dieser Curve ist. Der Krümmungshalbmesser v dieses normalen Schnitts ZOM ist folglich:

$$v=\frac{\delta}{\nu}=\frac{1}{r\cos^2\varphi+2s\sin\varphi\cos\varphi+t\sin^2\varphi}.$$

Nimmt man zu Axen der x und y die Tangenten der beiden *Hauptschnitte*, so hat man:

$$s=o$$

und

$$v=\frac{1}{r\cos^2\varphi+t\sin^2\varphi} \text{ oder } \frac{1}{v}=r\cos^2\varphi+t\sin^2\varphi.$$

Und macht man $\varphi=o$ und $\varphi=\frac{1}{2}\pi$, so hat man die Krümmungshalbmesser F und f der beiden Hauptschnitte:

$$F=\frac{1}{r}, f=\frac{1}{t};$$

dann erhält man die Euler'sche Formel:

$$\frac{1}{v}=\frac{\cos^2\varphi}{F}+\frac{\sin^2\varphi}{f},$$

worin F und f die Radien des gröfsten und des kleinsten Krümmungskreises sind.

Der unendlich kleine Winkel μ wird auch:

$$\mu=\frac{1}{2}\delta\left(\frac{1}{f}-\frac{1}{F}\right)\sin 2\varphi.$$

Den Krümmungshalbmesser v des von der Ebene ZOM gemachten normalen Schnitts und den Winkel ν kann man auch noch auf eine andere Weise finden; v ist der Halbmesser des in O osculirenden Kreises, der seinen Mittelpunkt auf der Normale OZ hat, und durch den Punkt M ($\xi; \eta, \zeta$) geht; dieser Radius ist also gleich $\frac{1}{2}OM^2$, dividirt durch die Projection der unendlich kleinen Geraden OM auf OZ, d. h. gleich $\frac{\delta^2}{2\zeta}$. Nun hat man:

$$\begin{aligned}\zeta&=\tfrac{1}{2}(r\xi^2+2s\xi\eta+t\eta^2)\\&=\tfrac{1}{2}\delta^2(r\cos^2\varphi+2s\sin\varphi\cos\varphi+t\sin^2\varphi),\end{aligned}$$

also:

$$v=\frac{1}{r\cos^2\varphi+2s\cos\varphi\sin\varphi+t\sin^2\varphi},$$

und wenn $s=o$:

$$\frac{1}{v}=\frac{\cos^2\varphi}{F}+\frac{\sin^2\varphi}{f}.$$

Ueberdiefs ist der Winkel ν:

$$\nu=\frac{\delta}{v}=\delta\left(\frac{\cos^2\varphi}{F}+\frac{\sin^2\varphi}{f}\right).$$

Macht man ζ constant, so repräsentirt die Gleichung $\zeta=\frac{1}{2}(r\xi^2+2s\xi\eta+t\eta^2)$ den Schnitt, gemacht in der Fläche s durch eine Ebene, die in dem unendlich kleinen Abstand ζ der Tangentialebene XOY parallel ist

Diese Curve oder ihre Projection auf die Tangentialebene ist eine Ellipse oder Hyperbel, die man die *Anzeigerin* (*Indicatrix*) der Fläche für den Punkt O nennt. Die Krümmungshalbmesser der verschiedenen Normalschnitte sind proportional den Quadraten der entsprechenden Halbmesser dieses Kegelschnitts oder eines ähnlichen Kegelschnitts von endlicher Gröfse.

Die Projection der Normale Mm auf die Ebene XOY hat zur Gleichung:

$$\frac{Y-\eta}{X-\xi}=\frac{s\xi+t\eta}{r\xi+s\eta}.$$

oder, wenn $s=o$:

$$\frac{Y-\eta}{X-\xi}=\frac{t\eta}{r\xi}=\frac{F}{f}\tang\varphi,$$

woraus man schliefst, dafs die Normale Mm sich in der durch den Punkt M gehenden, auf dem anzeigenden Kegelschnitt winkelrechten Ebene befindet, und dafs demnach der kürzeste Abstand zwischen Mm und OZ eine Gerade ist, gleich und parallel dem Perpendikel, der vom Mittelpunkt der Anzeigerin oder vom Punkt O auf die Normale im Punkte M gefällt wird. Der Durchschnitt der die Fläche s im Punkt M tangirenden Ebene mit der Tangentialebene im Punkt O coincidirt auch mit dieser selben Richtung, welche auch die des conjugirten Durchmessers von OM ist, da die Tangentialebene in M zur Gleichung hat (wenn $s=o$):

$$Z-\zeta=r\xi(X-\xi)+t\eta(Y-\eta).$$

Es bleibt mir nun noch zu zeigen, wie man, bei Betrachtung eines Bündels homogener Strahlen, die, nach mehren Brechungen, winkelrecht auf einer gewissen Fläche sind, bestimmen kann, in welchen zwei Punkten (oder Brennpunkten F und f) jeder Strahl von unendlich nahen Strahlen getroffen wird, und welche zwei Ebenen diesen Strahl und die unendlich nahen, ihn zu schneiden fähigen Strahlen enthalten. Diese beiden Punkte, die zu

der durch die folgweisen Durchschnitte der Strahlen gebildeten Brennfläche gehören, sind für den betrachteten Strahl die Mittelpunkte des gröfsten und des kleinsten Krümmungskreises derjenigen Fläche, auf welcher die Strahlen winkelrecht sind. Die Ebenen, die durch die consecutiven, sich schneidenden Radien gehen, sind die der Hauptschnitte dieser Fläche; es sind auch die Tangentialebenen an zwei Reihen abwickelbarer Flächen, die sich überall unter rechten Winkeln schneiden, in welche das Bündel zerfällt.

Ich habe diese Aufgabe schon in einer Abhandlung im Juliheft (1838) des Journals von Hrn. Liouville behandelt, und im Aprilheft 1844 derselben Zeitschrift ist Hr. Bertrand durch eine ihm eigene geometrische Methode zu ähnlichen Formeln, wie die meinigen, gelangt. Hier eine neue analytische Auflösung, die mir einfacher erscheint, und zu etwas allgemeineren Formeln führt.

Zuvörderst mufs bemerkt werden, dafs wenn Strahlen normal auf einer selben Fläche sind, sie auch normal sind auf allen, unendlich vielen Flächen, welche entstehen, wenn, von der ursprünglichen normalen Fläche aus, eine constante und willkührliche Länge auf diese Strahlen getragen wird.

Denken wir uns ein Bündel homogener Strahlen, normal auf einer Fläche s, und bei Ankunft auf irgend einer anderen Fläche S gebrochen nach dem gewöhnlichen Gesetz. Die gebrochenen Strahlen werden auch normal seyn auf einer neuen Fläche s', oder vielmehr auf einer Unzahl von Flächen s', die entstehen, wenn man, von der Trennungsfläche S aus, auf jedem gebrochenen Strahl eine Länge nimmt, die zu der zwischen S und s begriffenen des einfallenden Strahls, vergröfsert oder verringert um eine constante Gröfse, in dem constanten Verhältnifs des Brechungssinus zum Einfallssinus steht (s. meine erwähnte Abhandlung).

Be-

Betrachten wir nun irgend einen einfallenden Strahl und den entsprechenden gebrochenen. Seyen a, b, c die Cosinus der Winkel, welche die Normale der Trennungsfläche S am Einfallspunkt mit den drei winkelrechten Axen OX, OY, OZ bildet. Seyen α, β, γ und α', β', γ' die Cosinus der Winkel, welche der einfallende und der gebrochene Strahl mit denselben Axen bildet.

Zuvörderst muſs man ausdrücken, daſs diese drei Geraden sich in einer selben Ebene befinden. Man nenne ϑ den Einfalls- und ϑ' den Brechungswinkel; dann macht die Normale der Ebene, welche durch die Normale der Fläche S und durch den einfallenden Strahl geht, mit den Axen Winkel, deren Cosinus sind;

$$\frac{b\gamma-c\beta}{\sin\vartheta},\ \frac{c\alpha-a\gamma}{\sin\vartheta},\ \frac{a\beta-b\alpha}{\sin\vartheta}.$$

Eben so macht die Normale der Ebene, die durch die Normale der Fläche und den gebrochenen Strahl geht, mit den Axen Winkel, deren Cosinus sind:

$$\frac{b\gamma'-c\beta'}{\sin\vartheta'},\ \frac{c\alpha'-a\gamma'}{\sin\vartheta'},\ \frac{a\beta'-b\alpha'}{\sin\vartheta'}.$$

Um auszudrücken, daſs diese Perpendikel coïncidiren und gleiche Richtung haben, setzt man:

$$\frac{b\gamma-c\beta}{\sin\vartheta}=\frac{b\gamma'-c\beta'}{\sin\vartheta'}$$
$$\frac{c\alpha-a\gamma}{\sin\vartheta}=\frac{c\alpha'-a\gamma'}{\sin\vartheta'}$$
$$\frac{a\beta-b\alpha}{\sin\vartheta}=\frac{a\beta'-b\alpha'}{\sin\vartheta'}.$$

Bezeichnet man überdieſs durch $\frac{\lambda}{\lambda'}$ das constante Verhältniſs des Sinus vom Einfallswinkel zum Sinus vom Brechungswinkel, so hat man:

$$\frac{\sin\vartheta}{\sin\vartheta'}=\frac{\lambda}{\lambda'}.$$

Diese Gleichungen geben die folgenden:

$$\frac{b\gamma-c\beta}{\lambda}=\frac{b\gamma'-c\beta'}{\lambda'}$$

$$\frac{c\alpha - a\gamma}{\lambda} = \frac{c\alpha' - a\gamma'}{\lambda'}$$

$$\frac{a\beta - b\alpha}{\lambda} = \frac{a\beta' - b\alpha'}{\lambda'},$$

von denen zwei, nebst der $\alpha'^2 + \beta'^2 + \gamma'^2 = 1$, hinreichend sind, um α', β', γ' zu bestimmen, d. h. die Richtung des gebrochenen Strahls, wenn man die des einfallenden Strahls und die der Normale auf S kennt. Die Relationen, die zwischen diesen drei Richtungen bestehen, werden also sämmtlich ausgedrückt durch die zwei Gleichungen:

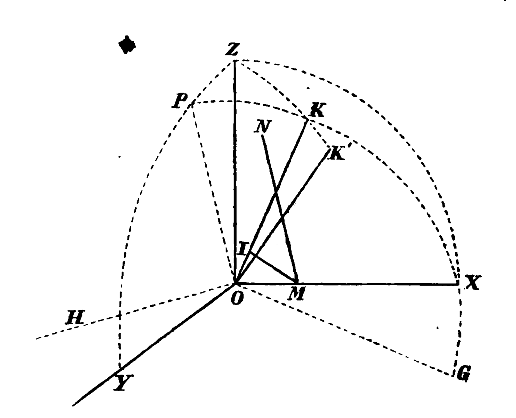
$$\frac{1}{\lambda}(a\gamma - c\alpha) = \frac{1}{\lambda'}(a\gamma' - c\alpha')$$

$$\frac{1}{\lambda}(b\gamma - c\beta) = \frac{1}{\lambda'}(b\gamma' - c\beta').$$

Betrachtet man auf der Fläche S einen andern Einfallspunkt, unendlich nahe dem ersteren, so erfahren die Cosinus a, b, c, α etc., beim Uebergang vom ersten zum zweiten, gleichzeitige Anwüchse da, db etc., und man erhält durch Differentiation der beiden vorstehenden Gleichungen:

$$\frac{1}{\lambda}(\gamma da + a d\gamma - c d\alpha - \alpha dc) = \frac{1}{\lambda'}(\gamma' da + a d\gamma' - c d\alpha' - \alpha' dc)$$

$$\frac{1}{\lambda}(\gamma db + b d\gamma - c d\beta - \beta dc) = \frac{1}{\lambda'}(\gamma' db + b d\gamma' - c d\beta' - \beta' dc).$$



Nehmen wir nun zum Anfangspunkt der Coordinaten den ersten Einfallspunkt O, zur Axe der z die Normale OZ der trennenden Fläche S, und zur Ebene der xz die Ebene ZOM, die durch diese Normale OZ und den zweiten Einfallspunkt M geht, welchen man dann als auf der Axe OX liegend ansehen kann. Dann hat man für diese Axensysteme:

$$a=o\ ;\ b=o\ ;\ c=1$$
$$\gamma=\cos\vartheta\ ;\ \gamma'=\cos\vartheta',$$

und auch $dc=o$, wegen der Relation $a^2+b^2+c^2=1$, welche giebt:

$$ada+bdb+cdc=o.$$

Die vorstehenden vier Gleichungen werden:

$$\frac{\alpha}{\lambda}=\frac{\alpha'}{\lambda'}\quad\frac{\beta}{\lambda}=\frac{\beta'}{\lambda'}$$

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{\lambda}(\gamma da-d\alpha)&=\frac{1}{\lambda'}(\gamma' da-d\alpha')\\ \frac{1}{\lambda}(\gamma db-d\beta)&=\frac{1}{\lambda'}(\gamma' db-d\beta')\end{aligned}\right\}(a)$$

Man hat nun die geometrischen Werthe von da, db, $d\alpha$ etc. zu suchen.

Sobald die Axen irgend welche sind, ist das Verhältnifs $\frac{a}{c}$ in Bezug auf die Normale des Punktes O der Fläche S bekanntlich gleich der Tangente des Winkels, welchen die Projection dieser Normale auf die Ebene der xz mit der Axe der z bildet. Für die gegenwärtigen Axen, wo OZ die Normale ist, ist diefs Verhältnifs $\frac{a}{c}$ gleich Null, weil $a=o$ und $c=1$. Für die unendlich nahe Normale Mm ist $\frac{a+da}{c+dc}$ die analoge Gröfse, die sich auf da reducirt, und die gleich ist der Tangente des unendlich kleinen Winkels (oder diesem Winkel selbst), welche die Projection der Normale Mm auf die Ebene ZOX mit OZ bildet. Nun ist dieser Winkel auch gleich $\frac{\delta}{\varrho}$, wenn δ den unendlich kleinen Ab-

stand OM bezeichnet, und ϱ den Krümmungshalbmesser des durch die Ebene ZOX in der Fläche S gemachten normalen Schnitts. Denn der Krümmungsmittelpunkt dieses Schnitts ist der Punkt, wo die Normale OZ zusammentrifft mit der im Punkt M auf der Curve OM normalen Ebene, und diese Ebene ist diejenige, welche die Normale MN auf die Ebene ZOM projicirt.

Man hat also:

$$da = \frac{\delta}{\varrho}.$$

Ueberdiefs giebt die Euler'sche Formel:

$$\frac{1}{\varrho} = \frac{\cos^2\omega}{R} + \frac{\sin^2\omega}{r},$$

wenn man nennt: R und r die beiden Hauptkrümmungshalbmesser der Fläche S für den Punkt O, und ω den Winkel zwischen der Ebene ZOX und der Ebene des Hauptschnitts von S, der die kleinste Krümmung $\frac{1}{R}$ besitzt.

Sonach ist:

$$da = \frac{\delta}{\varrho} = \delta\left(\frac{\cos^2\omega}{R} + \frac{\sin^2\omega}{r}\right).$$

Die Normale MN macht mit der Axe OY einen Winkel, dessen Cosinus $b + db$ ist, oder einfach db, weil $b = o$. Allein dieser Winkel ist das Complement des unendlich kleinen Winkels, welchen diese Normale mit der Ebene ZOX macht, und welche zum Ausdruck hat:

$$\tfrac{1}{2}\delta.\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)\sin 2\omega.$$

Man hat also:

$$db = \tfrac{1}{2}\delta\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)\sin 2\omega.$$

Um $d\alpha$ und $d\beta$ zu berechnen, denke man sich, in der Ebene KOX, gelegt durch den einfallenden Strahl OK und den Punkt M, die Gerade OG winkelrecht auf dem einfallenden Strahl OK, ferner OH winkelrecht auf dieser Ebene KOX. Man bezeichne durch g, h, k die Winkel, welche irgend ein einfallender Strahl mit diesen drei rechtwinklichen Geraden OG, OH, OK

macht, durch α den Cosinus des Winkels, welchen dieser beliebige Strahl mit der Linie OX macht, so hat man, gemäfs der Formel, welche den Cosinus des Winkels zweier Geraden, bezogen auf drei rechtwinkliche Axen giebt:

$$\alpha = g \cos GOX + h \cos HOX + k \cos KOX,$$

oder:

$$\alpha = g \sin KOX + k \cos KOX,$$

da die Linie OX mit den drei rechtwinklichen Axen OG, OH, OK Winkel macht, deren Cosinus respective sind:

$$\sin KOX \;,\; o \;,\; \cos KOX.$$

Da β der Cosinus des Winkels ist, den derselbe einfallende Strahl mit OY macht, so hat man eben so:

$$\beta = g \cos GOY + h \cos HOY + k \cos KOY.$$

Für einen unendlich benachbarten einfallenden Strahl hat man (da die Axen OG, OH, OK fest bleiben, so gut wie OX, OY, OZ):

$$d\alpha = dg . \sin KOX + dk . \cos KOX$$
$$d\beta = dg . \cos GOY + dh . \cos HOY + dk . \cos . KOY.$$

Wenn diese beiden einfallenden Strahlen diejenigen sind, die auf die Punkte O und M fallen, so wird man haben:

$$g = o \;,\; h = o \;,\; k = 1,$$

ferner $dk \doteq o$, weil $gdg + hdh + kdk = o$.

Betrachtet man unter allen auf den einfallenden Strahlen winkelrechten Flächen s diejenige, welche durch den Punkt M geht, und OK in einem Punkt I schneidet, so ist dg (wie man es für $d\alpha$ gesehen hat) gleich dem Winkel zwischen OK und der Projection des in M einfallenden Strahls auf die Ebene KOM oder gleich der unendlich kleinen Linie OI oder $\delta \sin KOX$, dividirt durch den Krümmungshalbmesser des normalen Schnitts, gemacht in dieser Fläche durch die Ebene KOM. Allein dieser Halbmesser weicht unendlich wenig ab vom Halbmesser v des Schnitts, gemacht von der Ebene KOM in die auf den einfallenden Strahlen winkelrechte Fläche,

die durch den Punkt O geht; der umgekehrte Werth dieses Halbmessers ist:

$$\frac{1}{v}=\frac{\cos^2\varphi}{F}+\frac{\sin^2\varphi}{f},$$

wenn man durch F und f die beiden Hauptkrümmungshalbmesser der Fläche s für den Punkt O bezeichnet, und durch φ den Winkel, den die auf s winkelrechte Ebene KOM mit demjenigen Hauptschnitt von s macht, dessen Krümmung $\frac{1}{F}$ ist.

Man hat also, den Winkel KOX mit τ bezeichnend:

$$dg=\frac{\delta \sin\tau}{v}=\delta \sin\tau\left(\frac{\cos^2\varphi}{R}+\frac{\sin^2\varphi}{r}\right),$$

und folglich:

$$d\alpha=\frac{\delta \sin^2\tau}{v}=\delta \sin^2\tau\left(\frac{\cos^2\varphi}{F}+\frac{\sin^2\varphi}{f}\right),$$

da dk Null ist.

Die Gröfse $h+dh$, oder einfach dh, weil h gleich Null, ist der Cosinus des Winkels, welchen der in M einfallende Strahl mit OH macht, oder der Sinus des unendlich kleinen Winkels zwischen diesem Strahl und seiner Projection auf die Ebene KOM. Es ist also dh gleich diesem Winkel, dessen Werth ist:

$$\tfrac{1}{2}MI\left(\frac{1}{f-OI}-\frac{1}{F-OI}\right)\sin 2\varphi,$$

denn $F-OI$ und $f-OI$ sind die Hauptkrümmungshalbmesser der auf den einfallenden Strahlen winkelrechten Fläche s, die durch den Punkt M geht, und dieselben Hauptebenen hat wie die, welche durch den Punkt O geht. Da man die unendlich Kleinen zweiter Ordnung vernachlässigen mufs, und da $MI=\delta \sin KOX=\delta \sin\tau$, so wird der Werth von dh:

$$dh=\tfrac{1}{2}\delta \sin\tau\left(\frac{1}{f}-\frac{1}{F}\right)\sin 2\varphi.$$

Wenn die Ebene KOX die Ebene ZOY nach OP schneidet, so hat man in der rechtwinklichen Ecke, welche von den drei Geraden OG, OY, OP gebildet wird:

$$\cos GOY = \cos GOP . \cos YOP = -\cos KOX . \sin ZOP.$$

Der Winkel ZOP ist nichts Anderes als der Kantenwinkel ZXK der Ebene ZOX und KOX. Nun hat man in der von den drei Geraden OZ, OX, OK gebildeten Ecke:

$$\cos KOX = \cos ZOX . \cos ZOK + \sin ZOX \sin ZOK \cos KZX,$$

oder:

$$\cos KOX = \sin \vartheta \cos \varepsilon,$$

wenn ε bezeichnet: den Kantenwinkel KZX zwischen der Ebene ZOM und der Ebene $OZKK'$, welche den einfallenden Strahl OK und den entsprechenden gebrochenen OK' enthält. Man hat ferner:

$$\sin ZXK \text{ oder } \sin ZOP : \sin KZX :: \sin ZOK : KOX,$$

woraus:

$$\sin ZOP = \frac{\sin \vartheta \sin \varepsilon}{\sin \tau},$$

Daraus folgt:

$$\cos GOY = -\cos KOX . \sin ZOP = -\frac{\sin^2 \vartheta \sin \varepsilon \cos \varepsilon}{\sin \tau},$$

und das Glied $dg . \cos GOY$ in dem Werth von $d\beta$ wird:

$$-\tfrac{1}{2}\delta\left(\frac{\cos^2\varphi}{R} + \frac{\sin^2\varphi}{r}\right)\sin^2\vartheta \sin 2\varepsilon.$$

Der Winkel HOY ist auch gleich dem Kantenwinkel der Ebenen ZOX und KOX oder gleich ZOP, und dieselbe Ecke $OZXK$, oder vielmehr die Ecke $OZKP$, giebt:

$$\cos ZOK = \sin KOX \cos ZOP \text{ oder } \cos \vartheta = \sin \tau \cos HOY.$$

Das Glied $dh \cos HOY$ in dem Werthe von $d\beta$ wird somit:

$$\tfrac{1}{2}\delta\left(\frac{1}{f} - \frac{1}{F}\right)\sin 2\varphi \cos \vartheta,$$

so dafs man hat:

$$d\beta = -\tfrac{1}{2}\delta\left(\frac{\cos^2\varphi}{R} + \frac{\sin^2\varphi}{r}\right)\sin^2\vartheta \sin 2\varepsilon + \tfrac{1}{2}\delta\left(\frac{1}{f} - \frac{1}{F}\right)\sin 2\varphi \cos \vartheta.$$

Eben so erhält man die Werthe von $d\alpha'$ und $d\beta'$, die sich auf den gebrochenen Strahl OK' beziehen, wenn man für diesen Strahl durch F', f', φ', τ' die analogen Gröfsen bezeichnet, die für den einfallenden Strahl OK mit F, f, φ, τ bezeichnet wurden. Die Kantenwinkel ε

und ω sind für beide Strahlen dieselben, und man hat die Relationen:

$$\cos\tau = \sin\theta \cos\varepsilon \ , \ \cos\tau' = \sin\theta' \cos\varepsilon.$$

Setzt man alle diese Werthe in die beiden obigen Gleichungen (a), so erhält man zunächst die Formel:

$$\frac{1}{\lambda}\left(\frac{\cos\theta}{\varrho} - \frac{\sin^2\tau}{v}\right) = \frac{1}{\lambda'}\left(\frac{\cos\theta'}{\varrho} - \frac{\sin^2\tau'}{v'}\right),$$

oder vielmehr:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{1}{\lambda}\left[\left(\frac{\cos^2\omega}{R} + \frac{\sin^2\omega}{r}\right)\cos\theta - \left(\frac{\cos^2\varphi}{F} + \frac{\sin^2\varphi}{f}\right)\sin^2\tau\right] \\ = &\frac{1}{\lambda'}\left[\left(\frac{\cos^2\omega}{R} + \frac{\sin^2\omega}{r}\right)\cos\theta' - \left(\frac{\cos^2\varphi'}{F'} + \frac{\sin^2\varphi'}{f'}\right)\sin^2\tau'\right] \end{aligned}\right\} (b)$$

Diefs ist die Formel (32) meiner ersten Abhandlung; sie errichtet eine Beziehung zwischen den Krümmungshalbmessern der normalen Schnitte, gemacht in die drei Flächen S, s, s' durch drei Ebenen, deren gemeinschaftliche Durchschnittslinie OM willkührlich auf der Tangentialebene von S genommen worden ist.

Man findet ferner:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{1}{\lambda}\left[\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)\sin 2\omega \cos\theta - \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{F}\right)\sin 2\varphi \cos\theta \right. \\ &\qquad\qquad\qquad\left. + \left(\frac{\cos^2\varphi}{F} + \frac{\sin^2\varphi}{f}\right)\sin 2\varepsilon \sin^2\theta\right] \\ = &\frac{1}{\lambda'}\left[\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right)\sin 2\omega \cos\theta' - \left(\frac{1}{f'} - \frac{1}{F'}\right)\sin 2\varphi' \sin\theta' \right. \\ &\qquad\qquad\qquad\left. + \left(\frac{\cos^2\varphi'}{F'} + \frac{\sin^2\varphi'}{f'}\right)\sin 2\varepsilon \sin^2\theta'\right] \end{aligned}\right\} (c)$$

Für jede willkührliche Richtung von OM hat man zwei ähnliche Gleichungen.

Nimmt man die Linie OMX nach dem Durchschnitt der die Fläche S tangirenden Ebene mit der Ebene $OZKK'$, welche die Normale OZ, den einfallenden Strahl OK und den gebrochenen OK' enthält, so werden die Winkel τ und τ' die Complemente von ϑ und ϑ', und die Formel (b) giebt:

$$\frac{1}{\lambda}\left(\frac{\cos\theta}{\varrho} - \frac{\cos^2\theta}{v}\right) = \frac{1}{\lambda'}\left(\frac{\cos\theta'}{\varrho} - \frac{\cos^2\theta'}{v'}\right),$$

oder:

$$\left.\begin{array}{l}\frac{1}{\lambda}\left[\left(\frac{\cos^2\omega}{R}+\frac{\sin^2\omega}{r}\right)\cos\vartheta-\left(\frac{\cos^2\varphi}{F}+\frac{\sin^2\varphi}{f}\right)\cos^2\vartheta\right]\\ =\frac{1}{\lambda'}\left[\left(\frac{\cos^2\omega}{R}+\frac{\sin^2\omega}{r}\right)\cos\vartheta'-\left(\frac{\cos^2\varphi'}{F'}+\frac{\sin^2\varphi'}{f'}\right)\cos^2\vartheta'\right]\end{array}\right\}(d)$$

ϱ, v und v' sind nun die Krümmungshalbmesser der Schnitte, gemacht in die drei Flächen S, s, s' durch die auf ihnen normale Ebene ZOK, und ω, φ, φ' sind die Winkel zwischen dieser Ebene und den Ebenen der Hauptschnitte oder der gröfsten Krümmungskreise dieser selben Flächen.

Setzt man zweitens voraus, OM sey lothrecht auf der Ebene ZOK, so werden die Winkel τ, τ' rechte seyn, und man mufs die Winkel ω, φ, φ', die bestimmte werden, um $\frac{1}{2}\pi$ vergröfsern. Alsdann giebt die Formel (b):

$$\frac{1}{\lambda}\left(\frac{\cos\vartheta}{\varrho_1}-\frac{1}{u}\right)=\frac{1}{\lambda'}\left(\frac{\cos\vartheta'}{\varrho_1}-\frac{1}{u'}\right),$$

oder:

$$\left.\begin{array}{l}\frac{1}{\lambda}\left[\left(\frac{\sin^2\omega}{R}+\frac{\cos^2\omega}{r}\right)\cos\vartheta-\left(\frac{\sin^2\varphi}{F}+\frac{\cos^2\varphi}{f}\right)\right]\\ =\frac{1}{\lambda'}\left[\left(\frac{\sin^2\omega}{R}+\frac{\cos^2\omega}{r}\right)\cos\vartheta'-\left(\frac{\sin^2\varphi'}{F'}+\frac{\cos^2\varphi'}{f'}\right)\right]\end{array}\right\}(e)$$

ϱ_1, u, u' sind hier die Krümmungshalbmesser der normalen Schnitte, gemacht in die Ebenen S, s, s' durch die Ebenen, welche durch deren gemeinschaftliche, auf der Ebene ZOK lothrechte Tangente gehen. Ueberdiefs weifs man, dafs:

$$\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\varrho_1}=\frac{1}{R}+\frac{1}{r}\ ,\ \frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{F}+\frac{1}{f}\ ,\ \frac{1}{v'}+\frac{1}{u'}=\frac{1}{F'}+\frac{1}{f'}$$

Die Gleichungen (d) und (e) sind die Formeln (33) und (34) meiner ersten Abhandlung, und (c) und (e) des Hrn. Bertrand.

Angenommen, die Ebene ZOM falle zusammen mit der Ebene ZOK, oder sey auf ihr lothrecht, hat man:

$$\varepsilon=o \text{ oder } \varepsilon=\tfrac{1}{2}\pi,$$

und in diesem Falle reducirt sich die Formel (c) auf diese:

$$\left.\begin{aligned}&\frac{\cos\vartheta}{\lambda}\left[\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)\sin 2\omega-\left(\frac{1}{f}-\frac{1}{F}\right)\sin 2\varphi\right]\\&=\frac{\cos\vartheta'}{\lambda'}\left[\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R}\right)\sin 2\omega-\left(\frac{1}{f'}-\frac{1}{F'}\right)\sin 2\varphi'\right]\end{aligned}\right\}(f)$$

Diese drei Formeln (d), (e) und (f) lassen die Gröfsen F', f', φ' berechnen, wenn man R, r, ω, F, f und φ kennt, d. h. man wird die Krümmungshalbmesser und die Hauptschnitte der auf den gebrochenen Strahlen lothrechten Fläche bestimmen können, wenn man für die auf den einfallenden Strahlen lothrechte Fläche und die trennende Fläche die entsprechenden Elemente kennt.

Uebrigens lassen sich diese Elemente auch durch eine andere Rechnung, so wie durch eine in meiner ersten Abhandlung angezeigte geometrische Construction bestimmen.

Wenn also Lichtstrahlen, die von einem Punkte ausgehen, eine Reihe Brechungen erleiden, so kann man nach jeder Brechung für jeglichen Strahl bestimmen: die beiden Ebenen, worin sich die unendlich nahen und ihn schneidenden Strahlen befinden, und die beiden Durchschnittspunkte F und f, die den beiden Theilen (*nappes*) der aus der Durchschneidung successiver Strahlen gebildeten Brennfläche angehören. Diese Elemente bestimmen die Gestalt des gesammten dünnen Bündels, welches durch eine kleine Oeffnung geht. Die Rechnungen würden wenig einfacher seyn bei einem centralen, nicht abgelenkten Strahl, der auf allen brechenden Flächen lothrecht wäre; wenn aber die Ebenen der Hauptschnitte, nach diesem Strahle, dieselben wären für alle diese Flächen, so bedürfte man nur der gewöhnlichen Formeln, welche die Brennpunkte für sphärische Linsen geben. Der Gang der Strahlen durch die Mittel des Auges erträgt keine solche Vereinfachung, und kann nur nach den obigen allgemeineren und verwickelteren Formeln strenge berechnet werden. Dazu müfste man aber die Brechungsverhältnisse der verschiedenen Mittel, so wie

die Krümmungshalbmesser und die Ebenen der Hauptschnitte ihrer Flächen für jeden Einfallspunkt des centralen Strahls des Bündels kennen.

VII. *Ueber die Bestimmung der Dichtigkeit der Gase; von Hrn. V. Regnault.*

(*Compt. rend. T. XX, p.* 975.)

Die Methode, welche man gewöhnlich anwendet, um die Dichtigkeit der Gase zu bestimmen, besteht darin, dafs man einen grofsen Glasballon wägt:

1) Wenn derselbe vollkommen trockne Luft enthält, bei einer bekannten Temperatur t, und unter dem Druck H der Atmosphäre.

2) Nachdem derselbe so weit ausgepumpt worden, dafs die innere Luft nur noch einen sehr schwachen Druck h ausübt, bei einer Temperatur t, die ich, der Einfachheit wegen, als gleich der bei der ersten Wägung voraussetze.

3) Nachdem derselbe mit dem vollkommen reinen Gase gefüllt worden, unter dem Druck H' der Atmosphäre und der Temperatur t'.

4) Endlich, nachdem derselbe abermals so weit ausgepumpt worden, dafs das Gas nur einen sehr schwachen Druck h' bei der Temperatur t' ausübt.

Seyen P, p, P', p' die durch diese vier Wägungen erhaltenen Gewichte.

Das Gewicht der Luft, welches den Ballon bei der Temperatur t und unter dem Druck $H-h$ füllt, ist $P-p$; mithin wird das Gewicht der Luft, welches denselben bei 0° und unter dem Druck von 760 Millimetern füllen würde:

$$(P-p)\frac{760}{H-h}\cdot\frac{1+\alpha t}{1+kt},$$

worin α der Ausdehnungscoëfficient der Luft, und k der des Glases.

Das Gewicht des Gases ist $P'-p'$ unter dem Druck $H'-h'$ bei der Temperatur t'. Das Gewicht desselben Gases, welches den Ballon bei 0° und 760 Millm. Druck füllte, würde seyn:

$$(P'-p')\frac{760}{H'-h'}\cdot\frac{1+\alpha t'}{1+kt'},$$

vorausgesetzt, dafs der Ausdehnungscoëfficient des Gases derselbe sey, wie der der Luft.

Die Dichtigkeit des Gases wird vorgestellt durch das Verhältnifs dieser beiden Gewichte:

$$\frac{P'-p'}{P-p}\cdot\frac{H-h}{H'-h'}\cdot\frac{1+kt}{1+kt'}\cdot\frac{1+\alpha t'}{1+\alpha t}.$$

Die Methode erfordert die genaue Kenntnifs mehrer Elemente, deren Bestimmung im Allgemeinen grofse Unsicherheiten darbietet.

Man mufs die Temperaturen t und t' der Luft und des Gases für den Moment der Verschliefsung des Ballons sehr genau kennen. Gewöhnlich begnügt man sich, ein in der Nähe des Ballons aufgehängtes Thermometer zu beobachten. Diefs Verfahren ist aber sehr mangelhaft; das Thermometer wird von fremdartigen Umständen ergriffen, und die von ihm angezeigte Temperatur kann beträchtlich verschieden seyn von der der umgebenden Luftschichten, und um so mehr von der des Gases, welches den Ballon füllt.

In neuerer Zeit haben sich die Herren Dumas und Boussingault sehr erfolgreich mit der Bestimmung der Dichtigkeit einiger Gase beschäftigt [1]). Sie bringen das Thermometer, welches die Temperatur des Gases anzeigen soll, mitten in den Ballon, und zur gröfseren Sicherheit machen sie diese Temperatur sehr wenig veränderlich, indem sie den Ballon in einen künstlichen Keller bringen, in ein grofses cylindrisches Gefäfs von Zink

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III, T. III, p.* 270.

mit doppelten Wänden. Der ringförmige Raum zwischen den beiden Wänden ist gefüllt mit Wasser von einer Temperatur, die wenig von der der umgebenden Luft abweicht. Bei dieser Vorrichtung läfst sich annehmen, dafs die Temperatur des Gases mit hinlänglicher Genauigkeit bekannt sey.

Allein die gröfsten Unsicherheiten liegen in den Wägungen des Ballons; denn man mufs diesen Ballon in der Luft wägen, und um sein wahres Gewicht zu erhalten, mufs man zu seinem scheinbaren Gewicht das Gewicht der durch seine äufsere Hülle verdrängten Luft hinzufügen. Nun aber ist diefs letztere Gewicht in gewissen Fällen bedeutender als das des Gases, welches den Ballon füllt, so dafs dasselbe wenigstens mit einer gleichen Genauigkeit bekannt seyn mufs. Bis zu einem gewissen Punkt sind wir Meister des Gases, welches wir in den Ballon treten lassen; wir können es auf eine Weise bereiten, die uns seiner Reinheit versichert; allein diefs gilt nicht von der äufsern atmosphärischen Luft, wir müssen sie nehmen, wie sie ist. In einem eingeschlossenen Zimmer kann aber die Luft ihre Zusammensetzung sehr merklich ändern; ihre Temperatur, ihr Feuchtigkeitsgehalt schwankt unaufhörlich. Die HH. Dumas und Boussingault haben geglaubt, die hieraus entspringenden Fehler vollständig zu vermeiden, indem sie unter ihrer Waage einen mit Blei belegten Schrank anbrachten, in welchem der an den Haken einer der Waagschalen aufgehängte Ballon schwebte. In diesem Schrank ist ein sehr empfindliches Thermometer angebracht, welches die Temperatur der Luft giebt. Diese Einrichtung ist sicher weit vorzüglicher als die gewöhnliche, bei welcher man den Ballon frei in der Luft des Zimmers schweben läfst. Der im Schrank hängende Ballon ist geschützt vor Luftströmungen, welche die Wägungen sehr unsicher machen, und die Luft, in der er schwebt, ändert ihre Temperatur nur sehr langsam. Allein sie entfernt nicht die Fehler-

quellen, die aus Veränderungen im Zusammensatz der Luft entspringen, und diese sind keinesweges zu vernachlässigen, besonders wenn es sich um sehr leichte Gase, z. B. um Wasserstoffgas handelt.

Zur selben Zeit, da die HH. Dumas und Boussingault ihre Gaswägungen machten, beschäftigte ich mich meinerseits mit der Bestimmung der Dichtigkeiten des Wasserdampfs unter verschiedenem Druck, namentlich unter einem sehr schwachen. Diese Versuche gehören zu einer Arbeit über die Hygrometrie, die ich seit mehren Jahren verfolgt habe [1]). Ich war überrascht von den Unsicherheiten, welche die gewöhnlichen Methoden der Gaswägung darbieten, besonders in Bezug auf die Veränderungen im Zusammensatz der Luft, die mir von den Physikern zu wenig beachtet schienen, und ich ward auf eine Methode geführt, die mir einen durch die bisherigen nicht gelieferten Grad von Sicherheit und Genauigkeit darboten.

Ich vermeide die Unsicherheiten, die aus den Veränderungen der den zu wägenden Ballon umgebenden Luft entspringen, vollständig und durch einen sehr einfachen Kunstgriff. Statt den an eine der Waagschalen gehängten Ballon durch in die andere Schale gelegte Gewichte zu äquilibriren, thue ich es mittelst eines zweiten Ballons, der hermetisch verschlossen ist, und äufserlich dasselbe Volum besitzt, wie der erste Ballon. Diesen zweiten Ballon hängt man unten an die zweite Schale der Waage, so dafs er mit dem ersten Ballon in einer und derselben Luftschicht schwebt. Die beiden Ballone verdrängen genau ein gleiches Luftvolum. Alle Veränderungen, welche der Luft überkommen, erstrecken sich genau in gleicher Weise auf beide Ballone, sie mögen von Aenderungen in der Temperatur, im Druck der Atmosphäre oder im Zusammensatz der Luft entspringen. Man braucht im Moment der Wägung nicht mehr das

1) S. S. 135 u. 321 dieses Bandes.

Thermo-, Baro- und Hygrometer zu beobachten; es genügt, zu warten, bis die Ballone sich in's Temperaturgleichgewicht gesetzt haben, und ist diefs einmal eingetreten, verbleibt es unbestimmt lange. Man hat folglich ein ganz sicheres Kennzeichen, zu erfahren, wann man die Wägungen aufzeichnen müsse.

Diese Methode bietet noch einen anderen Vorzug. Das Glas ist eine sehr hygroskopische Substanz; die Wassermenge, welche es auf seiner Oberfläche verdichtet, verändert sich mit dem Feuchtigkeitszustand der Luft; diese Menge mufs also bei verschiedenen Wägungen variiren und eine neue Fehlerquelle herbeiführen. Diese Fehlerquelle ist bei meinem Verfahren vollständig vermieden. Da die beiden Ballone von demselben Glase sind, so kann man annehmen, sie verdichten nahezu gleiche Mengen Feuchtigkeit, wenn sie in dieselbe Luft gebracht sind; es genügt also, die Ballone in demselben Moment abzuwischen, und sie eine hinlängliche Zeit an den Haken der Waage hängen zu lassen, damit sie sich genau für Temperatur und Feuchtigkeit in's Gleichgewicht setzen. Man erkennt übrigens den Eintritt dieses Moments an der Constanz der Angaben der Waage.

Die Ballone fassen etwa 10 Liter. Derjenige, welcher das Gas enthalten soll, hat eine Fassung mit Hahn; diese Fassung ist auf dem Hals des Ballons auf eine eigenthümliche Weise befestigt, vermöge welcher man den Ballon, und selbst den Hahn, ohne Unbequemlichkeit dem Dampf von siedendem Wasser aussetzen kann. Die Fassung besteht aus zwei Stücken, die mittelst einer Schraube gegeneinander geprefst werden und eine Hohlkehle zwischen sich lassen. Man umgiebt den Hals des Ballons mit einem Wulst von Werg, der mit einem Kitt aus gleichen Theilen Mennige und Bleiweifs, und so viel Leinöl, dafs ein harter Teig entsteht, stark getränkt ist. Schraubt man die beiden Stücke der Fassung zusammen, so comprimirt man den Hanfwulst in der Hohlkehle, und

der Ueberschufs des Kitts dringt zwischen den beiden genäherten Flächen heraus. Damit der Kitt nicht in den Ballon dringen könne, ist der obere Rand der Oeffnung des Halses genau gegen die Unterfläche des Hahns abgerieben.

Dieser Kitt trocknet sehr rasch ein, besonders wenn man den Ballon mehrmals in Dampf von siedendem Wasser erhitzt; ein Theil des Leinöls wird ausgeprefst, der Kitt wird steinhart, und schiefst endlich vollkommen hermetisch, nicht blofs in der Kälte, sondern auch in höheren Temperaturen, ohne dafs plötzliche Temperaturänderungen Risse hervorbringen.

Wenn der Ballon vorgerichtet ist, bestimme ich genau das Luftvolum, welches von seiner Aufsenfläche verdrängt wird. Zu dem Ende fülle ich ihn ganz mit Wasser, und wäge ihn untergetaucht im Wasser, das genau dieselbe Temperatur hat wie das, welches den Ballon füllt. Das scheinbare Gewicht des Ballons ist ziemlich unbeträchtlich, so dafs es mit einer Fortin'schen Waage bestimmt werden kann. Ich ziehe nun den Ballon aus dem Wasser, wische ihn auswendig ab, und wäge ihn, gefüllt mit Wasser, auf einer andern Waage, mittelst deren man sein Gewicht bis auf ein Decigramm bestimmen kann. Der Unterschied zwischen diesen beiden Wägungen giebt das Gewicht des Wassers, welches von der Aufsenfläche des Ballons verdrängt wird.

Ich wähle nun einen zweiten Ballon von demselben Glase und nahe zu derselben Geräumigkeit; ich bestimme auf dieselbe Weise das Gewicht des Wassers, welches sein äufseres Volum verdrängt, mit der Sorgfalt, ihn in Wasser zu wägen, welches genau dieselbe Temperatur hat wie das, worin der erste Ballon gewägt wurde. Ich will annehmen, das äufsere Volum dieses zweiten Ballons sey etwas geringer, als das des ersten, versehen mit seiner Fassung; ich befestige auf den Hals dieses zweiten Ballons mit gewöhnlichem Harzkitt eine messingene

Fas-

Fassung, die zur Anhängung des Ballons an die Schale der Waage mit einem Haken versehen ist. Das Gewicht des von dieser Fassung verdrängten Wassers, hinzugefügt zu dem Gewicht, welches, wie wir vorhin gefunden, das äufsere Volum des Ballons an Wasser verdrängt, soll, wie ich annehme, auch um *n* Grammen geringer seyn als das Wassergewicht, welches der erste Ballon verdrängt; ich brauche also nur noch an den zweiten Ballon eine an beiden Enden zugeschmolzene Glasröhre zu hängen, die genau *n* Kubikcentimeter Wasser verdrängt.

Ehe ich den zweiten Ballon mit seiner Fassung hermetisch verschliefse, bringe ich darin eine gewisse Menge Quecksilber, eine solche, dafs wenn beide, luftvoll, an die Waage gehängt sind, man auf Seite des Ballons mit Hahn ungefähr 10 Grm. hinzufügen mufs, um Gleichgewicht herzustellen.

Die beiden solchergestalt vorgerichteten Ballone wurden mehrfach auf die Probe gestellt, um sich zu versichern, dafs sie den Erfordernissen genügten. Sie blieben vierzehn Tage lang an den Schalen der Waage hängen, und während dieser ganzen Zeit erhielt sich das Gleichgewicht in aller Strenge, obwohl unterdefs die Temperatur der Luft von 0° bis 17°, und der barometrische Druck von 741 bis 771 Millimeter schwankte.

Die Art des Operirens ist im Allgemeinen folgende. Nachdem der Ballon so vollständig wie möglich evacuirt worden, verknüpft man ihn mit dem Apparat zur Entwicklung des Gases, dessen Dichtigkeit bestimmt werden soll; man öffnet den Hahn so weit, dafs das Gas in dem Apparat einen geringen Ueberschufs an Druck behält. Wenn der Ballon mit Gas gefüllt ist, verbindet man ihn abermals mit der Luftpumpe, evacuirt sehr vollständig, und füllt ihn wiederum mit Gas. Zur Vermeidung jeder Temperaturcorrection, einer Correction, welche die Kenntnifs des Ausdehnungscoëfficienten des Gases erfordern würde, stellt man den Ballon in ein Gefäfs von Zink,

in welchem man ihn vollständig mit schmelzendem Eise umhüllt. Ehe man den Ballon verschliefst, setzt man ihn in unmittelbare Gemeinschaft mit der Atmosphäre, damit das Gas mit dem atmosphärischen Druck in Gleichgewicht komme.

Die Wägungen wurden angestellt mit einer vortrefflichen, von Hrn. Deleuil angefertigten Waage, die Hrn. Paul Thénard gehört; sie giebt, wenn jede Schale mit einem Kilogramm belastet ist, mit Sicherheit einen Ausschlag von 0,5 Milligramm. Sie steht in einem grofsen Schrank, der nach dem Muster des der HH. Dumas und Boussingault construirt ist. Bei meinem Verfahren würde eine gewöhnliche Fortin'sche Waage eben so gute Dienste thun, sobald man nur die Ballone durch einige Pappscheiben gegen Luftströme schützte. Gegen Ende der Wägung kommt der Beobachter der Waage nicht mehr nahe, indem er die Schwingungen des Balkens von weitem mit einem Fernrohr beobachtet.

Die HH. Dumas und Boussingault haben (p. 274 ihrer Abhandlung) einen Umstand hervorgehoben, der bei Wägungen oft zu Fehlern Anlafs geben kann. Beim Abwischen des Ballons mit trockner Leinwand elektrisirt man ihn sehr merklich. Es überraschte mich, zu sehen, welch aufserordentlich lange Zeit die Elektricität zu ihrer Zerstreuung erfordert; ein mit trockner Leinwand abgeriebener Ballon wog in den ersten Momenten 0,75 Gramm mehr als sein wahres Gewicht betrug; nach einer Stunde betrug das Uebergewicht noch 0,15 Gramm, und selbst nach fünf Stunden war er noch um ein Centigramm zu schwer. Der Einflufs dieser Elektricität ist vor allem bedeutend, wenn die Wände des Schranks mit Blei bekleidet sind, und der Ballon dem Boden nahe ist.

Die Elektricität verschwindet gänzlich, wenn man den Ballon mit feuchter Leinwand abreibt. Bei allen meinen Versuchen traf ich die Vorsicht, die Ballone mit einer schwach mit destillirtem Wasser angefeuchteten Ser-

viette abzuwischen, und ehe ich sie an die Waagschale hakte, versicherte ich mich durch ein Goldblatt-Elektroskop, dafs sie keine Spur von Elektricität zeigten.

Oft liefs ich die Ballone bis zum andern Morgen an der Waage hangen, um mich zu überzeugen, dafs ihr Gewicht strenge constant geblieben sey.

Der barometrische Druck, so wie die Spannkraft des nach dem Auspumpen im Ballon zurückgebliebenen Gases, wurden mittelst eines Apparats gemessen, den ich, zum Vereinfachen der Beschreibung, *barometrisches Manometer* nennen will. Dieser Apparat, der leicht und mit wenig Kosten von jedem Physiker construirt werden kann, gewährt eine Genauigkeit, weit höher als die, welche man mit Barometern von gröfseren Dimensionen erhält. Er besteht aus zwei Röhren *A* und *B*, angeheftet an ein Brett, das selbst wiederum an einer lothrechten Wand unverrückbar befestigt ist.

Das Rohr *A* ist ein Barometer von 20 Millm. innerem Durchmesser. Man kocht das Quecksilber mit gröfster Sorgfalt in der Röhre aus, und kehrt dann die Röhre in einem mit trocknem Quecksilber gefüllten Gefäfse um. Diefs Gefäfs ist ein rechteckiger Kasten von Gufseisen mit zwei Zellen; die kleinere dieser Zellen dient dem Barometer als Gefäfs. In die zweite Zelle taucht die Röhre *B*, welche mit der Röhre *A* von gleichem Durchmesser ist, und mittelst einer Bleiröhre verbunden werden kann mit den Apparaten, in welchen man schwächere Spannkräfte, als die der Atmosphäre, messen soll. Ein Hahn an dieser Zelle erlaubt das Niveau des Quecksilbers nach Belieben zu senken.

Wenn man den Druck der Atmosphäre mittelst dieses Apparats bestimmen will, so giefst man so viel Quecksilber in den Kasten, dafs es über die Scheidewand hinweggeht; dann läfst man eine Schraube mit zwei geschwärzten Spitzen herab, bis die untere Spitze den Quecksilberspiegel berührt. Mit dem Kathetometer mifst

man den Höhenunterschied zwischen dem Quecksilberspiegel im Barometer und der oberen Spitze der Schraube, und addirt zu dieser Messung die Höhe der Schraube zwischen ihren beiden Spitzen.

Nachdem man den Ballon voll Gas gewägt hat, evacuirt man ihn. Zu dem Ende umgiebt man den Ballon auf's Neue mit Eis, und verbindet ihn durch eine dreiarmige Röhre einerseits mit der Luftpumpe, und andererseits mit der Röhre *B* des barometrischen Manometers. Man evacuirt, und trennt dann die Luftpumpe ab. Nach einiger Zeit mifst man mit dem Kathetometer den Niveauunterschied der beiden Quecksilbersäulen in den Röhren *A* und *B*. Dieser Höhenunterschied ist das Maafs der Spannkraft des Gases.

Die Scheidewand, welche das Gefäfs in zwei Zellen theilt, ist nothwendig zur Instandhaltung des Barometers; ich habe nämlich gefunden, dafs, wenn die Barometersäule öftere und zwar grofse Schwingungen machen läfst, bald sehr kleine Luftmengen in das Vacuum eindringen, und somit das Instrument nach einiger Zeit merklich verschlechtern. Vermöge der Scheidewand kann man die beiden Zellen trennen im Moment, wo man auspumpt, und in dem, wo man die Luft wieder eintreten läfst.

Der leere Ballon wird unter den angezeigten Vorsichtsmafsregeln gewägt. Der Unterschied $P-p$ der durch beide Wägungen gefundenen Gewichte ist das Gewicht des Gases, welches den Ballon bei 0° füllt, unter einem Druck gleich dem im Moment der Schliefsung des Hahns beobachteten Barometerdruck H, weniger die Spannkraft h des Gases, welches nach Auspumpung des Ballons in demselben zurückgeblieben ist. Das Gewicht des Gases bei 0° und unter dem Druck von 0m,76 ist also:

$$(P-p)\frac{760}{H-h}.$$

Um eine abermalige Wägung desselben Gases vor-

zunehmen, setzt man den Ballon, ausgepumpt und von schmelzendem Eise umgeben, in Gemeinschaft mit dem Apparat der Entwicklung des Gases, und wiederholt die ganze Reihe der schon angeführten Operationen. Das Gas wird sonach bei jeder Operation reiner. Ich habe gefunden, dafs es erst nach der vierten Füllung streng dasselbe Gewicht zeigt; gewöhnlich fing ich die Wägungen nach der dritten Füllung an.

Es ist zweckmäfsig, sich zu überzeugen, ob das Gas, mit dem man arbeitet, unter Drucken schwächer als der der Atmosphäre dem Mariotte'schen Gesetze folge; diefs ist besonders nöthig, wenn man sich der Dichtigkeit des Gases zur Bestimmung der Atomgewichte bedienen will. Denn das Gesetz von den Volumen der Gase und die einfachen Verhältnisse zwischen den Dichtigkeiten und Atomgewichten derselben finden in ganzer Strenge nur an der *Gränze* statt, d. h. beim Zustande äufserster Verdünnung; man mufs sich also überzeugen, ob die Anomalie in diesen Gesetzen nicht schon gegen den atmosphärischen Druck hin merklich zu werden anfange.

Man bewerkstelligt diese Prüfung folgendermafsen. Nachdem der Ballon gefüllt mit Gas von 0° und unter $0^m,76$ gewogen worden, stellt man ihn in Eis, und verbindet ihn mit der Luftpumpe und der Röhre B des barometrischen Manometers, evacuirt ihn theilweis, und trennt die Luftpumpe ab. Nach Verlauf einer Stunde mifst man den Niveauunterschied beider Säulen, welcher die Spannkraft des im Apparate zurückgebliebenen Gases giebt. Dann schliefst man den Hahn und wägt den Ballon.

Man bestimmt sonach successive und mit grofser Genauigkeit das Gewicht des Gases, welches den Ballon unter immer schwächeren Drucken und immer bei der Temperatur 0° füllt; man kann sich also versichern, ob die durch diese Wägungen erhaltenen Zahlen dem Mariotte'schen Gesetze genügen. Diefs Verfahren ist

viel genauer als das auf die Messung der Volume begründete, indem man dabei das Gas strenge in einer und derselben Temperatur zu halten vermag.

Man wird weiterhin für die Luft und das Kohlensäuregas Beispiele dieser Prüfung finden.

Endlich kann man mittelst der oben angegebenen Vorrichtung des Ballons das Gewicht des Gases bestimmen, welches den Ballon bei 100° C. unter dem Druck der Atmosphäre füllt, und somit die Dichtigkeit eines Gases in Bezug auf Luft bei 100° C. bestimmen. Diese neue Dichtigkeit mufs genau dieselbe seyn, wie die aus der Wägung bei 0° C. abgeleitete, falls die Dichtigkeit des Gases zur Berechnung des Atomgewichtes dienen soll; denn dazu ist nothwendig, dafs das Gas dieselbe Ausdehnung besitze, wie die Luft. Jedenfalls wird man aus dem Gasgewicht, welches den Ballon bei 100° füllt, bezogen auf das, welches ihn bei 0° füllte, den Ausdehnungscoëfficienten des Gases berechnen können.

Sey P das Gewicht des Gases, welches den Ballon bei 0° und 0m,76 füllt, und p der Gewichtsverlust, den dieser Ballon durch Versetzung in die Temperatur T und unter dem Druck H'_0 erleidet. Dann wird das Gewicht des Gases, welches den Ballon bei 0° und unter dem Druck H'_0 füllen würde, gleich seyn:

$$P\frac{H'_0}{760},$$

und folglich ist das Gewicht des Gases, welches den Ballon bei der Temperatur T und unter dem Druck H'_0 füllt:

$$\left(P_0\frac{H'_0}{760}-p\right),$$

Das Gewicht des Gases, welches unter gleichen Umständen der Temperatur und des Drucks den Ballon füllen würde, wenn er gleiche Geräumigkeit besäfse wie bei 0°, wird seyn:

$$\left(P_0\frac{H'_0}{760}-p\right)\left(\frac{1}{1+kT}\right),$$

und unter dem Druck von 760 Millm.:

$$\left(P_0\frac{H'_0}{760}-p\right)\left(\frac{1}{1+kT}\right)\frac{760}{H'_0}.$$

Das Verhältnifs der Dichtigkeiten desselben Gases bei den Temperaturen o und T ist:

$$\frac{\left(P_0\frac{H'_0}{766}-p\right)}{P_0}\frac{1}{1+kT}\cdot\frac{760}{H'_0};$$

allein diefs Verhältnifs ist auch gleich

$$\frac{1}{1+\alpha'T},$$

wo α' der Ausdehnungscoëfficient des Gases ist; man hat also:

$$\frac{1}{1+\alpha'T}=\frac{\left(P_0\frac{H'_0}{760}-p\right)}{P_0}\frac{1}{1+kT}\cdot\frac{760}{H'_0},$$

woraus sich α' ergiebt.

Um den Ballon in die Temperatur des siedenden Wassers zu versetzen, wird er mitten in einem grofsen Gefäfs von verzinktem Eisenblech von $0^m,80$ Höhe und $0^m,45$ Durchmesser aufgehängt, so dafs der Hahn sich über dem Deckel befindet. Bei anderen Versuchen befand sich der Hahn auch in dem Dampf, und man handhabte ihn mittelst eines Schlüssels, der durch eine in der Wand des Gefäfses befindliche Dille ging. Der Kessel enthielt eine Wasserschicht von 2 Decimeter Höhe.

Endlich kann man sich überzeugen, ob das Gas, bis 100° C. erhitzt, dem Mariotte'schen Gesetze folge. Dazu bedarf es nur, die Versuche, welche vorhin mit dem von schmelzendem Eise umhüllten Ballon angestellt sind, zu wiederholen, wenn derselbe in den Dampf von siedendem Wasser getaucht ist.

Kurz, das so eben beschriebene Verfahren erlaubt, die Dichtigkeiten der Gase mit gröfserer Genauigkeit und weit geringerer Mühe zu bestimmen als auf den bisher eingeschlagenen Wegen. Es giebt diese Dichtigkeiten genau bei den Temperaturen 0° und 100°, d. h. bei den beiden Festpunkten des Thermometers, giebt also unmittel-

bar den Ausdehnungscoëfficienten des Gases. Es erlaubt also, mit einer grofsen Genauigkeit zu erkennen, ob das Gas bei der Temperatur 0° oder 100° dem Mariotte'schen Gesetze folge.

Ich will nun die Resultate der nach dieser Methode angestellten Versuche geben, und zwar *ohne ein einziges auszulassen*, damit man beurtheilen könne, welcher Grad von Genauigkeit sich auf diese Weise erreichen läfst.

Versuche mit atmosphärischer Luft.

Bestimmung des Gewichtes trockner Luft, die den Ballon bei 0° und $0^m,76$ füllt.

Die Luft wurde draufsen in einem grofsen Hofe aufgesogen; sie ging durch ein erstes U-Rohr voll Glasstücke, benäfst mit einer Lösung von Aetzkali, dann durch ein zweites Rohr, gefüllt mit Stücken von Aetzkali, und endlich durch ein drittes Rohr voll Bimstein, getränkt mit concentrirter Schwefelsäure. Nachdem der Ballon durch Aufsaugung mit Luft gefüllt war, brachte man einen Ueberschufs von ihr hinein, mittelst eines Blasebalgs, dessen Düse man draufsen an das Schöpfrohr setzte; um darauf das Druckgleichgewicht mit der Atmosphäre herzustellen, nahm man eine mit Quecksilber gefüllte Eprouvette fort, in welche eine lange, unmittelbar mit dem Ballon verbundene Röhre tauchte. Diese letzte Vorsicht ist unumgänglich, denn wegen des Widerstandes, welchen die Luft beim Durchstreichen der kleinen Zwischenräume in den U-förmigen Röhren antrifft, befindet sie sich oft unter einem geringeren Druck als der der Atmosphäre.

I.	Ballon, luftvoll im Eise. Barometerstand beim Schliefsen des Hahns, reducirt auf Null . .	$H_0 = 761^{mm},19$
	Gewicht hinzugefügt dem Ballon	$p = 1^{gm},487$
	Ballon, leer im Eise. Spannkraft der beim Schliefsen des Hahns im Ballon gebliebenen Luft	$h_0 = 8^{mm},43$

	Gewicht hinzugefügt dem Ballon	$P = 14^{gm},141$
	Gewicht der ausgepumpten Luft	$12\ \ ,654$
	deren Druck	$752^{mm},76$
	Daraus das Gewicht der Luft, die bei 0° und 0m,76 den Ballon füllt	$= 12^{gm},7744$
II.	Ballon voll	$H_0 = 754^{mm},66$
		$p = 1^{gm},583$
	Ballon leer	$h_0 = 7^{mm},00$
		$P = 14^{gm},1555$
	$P - p = 12^{gm},5727$ unter dem Druck $H_0 - h_0 = 747^{mm},66$.	
	Daraus das Gewicht der Luft bei 0° und 0m,76	$= 12\ \ ,7800$
III.	Ballon voll	$H_0 = 758^{mm},61$
		$p = 1^{gm},516$
	Ballon leer	$h_0 = 4^{mm},62$
		$P = 14^{gm},196$
	Gewicht der Luft bei 0° und 0m,76	$= 12\ \ ,7809$
IV.	Ballon voll	$H_0 = 746^{mm},10$
		$p = 1^{gm},718$
	Ballon leer	$h_0 = 2^{mm},93$
		$P = 14^{gm},2115$
	Gewicht der Luft bei 0° und 0m,76	$= 12\ \ ,7764$
V.	Ballon voll	$H_0 = 747^{mm},23$
		$p = 1^{gm},7005$
	Ballon leer	$h_0 = 1^{mm},97$
		$P = 14^{gm},232$
	Gewicht der Luft bei 0° und 0m,76	$= 12\ \ ,7795$
VI.	Ballon voll	$H_0 = 747^{mm},21$
		$p = 1^{gm},699$
	Ballon leer	$h_0 = 7^{mm},56$
		$P = 14^{gm},1345$
	Gewicht der Luft bei 0° und 0m,76	$= 12\ \ ,7775$
VII.	Ballon voll	$H_0 = 753^{mm},76$
		$p = 1^{gm},4375$
	Ballon leer	$h_0 = 5^{mm},97$
		$P = 14^{gm},013$
	Gewicht der Luft bei 0° und 0m,76	$= 12\ \ ,7808$

VIII.	Ballon voll	$H_0 = 774^{mm},46$
		$p = 1^{grm},0663$
	Ballon leer	$h_0 = 5^{mm},58$
		$P = 13^{grm},9915$
	Gewicht der Luft bei 0° und 0m,76. . . .	= 12 ,7759
XI.	Ballon voll	$H_0 = 774^{mm},41$
		$p = 1^{grm},064$
	Ballon leer	$h_0 = 5^{mm},58$
		$P = 13^{grm},9915$
	Gewicht der Luft bei 0° und 0m,76. . . .	= 12 ,7774

Man hat also für das Gewicht der Luft, welches bei der Temperatur 0° und unter dem Druck von 760 Millm. den Ballon füllte:

I. . .	12,7744	Grm.
II. . .	12,7800	-
III. . .	12,7809	-
IV. . .	12,7764	-
V. . .	12,7795	-
VI. . .	12,7775	-
VII. . .	12,7808	-
VIII. . .	12,7759	-
IX. . .	12,7790	-
Mittel	12,7781	Grm.

Der gröfste Unterschied zwischen diesen Gewichten steigt auf 0,0065 Grm., etwa $\frac{1}{2000}$. Wahrscheinlich rührt er mehr von Veränderungen im Zusammensatz der Luft, als von Fehlern der Beobachtung her.

Man ist übereingekommen, die Dichtigkeiten der Gase auf die der atmosphärischen Luft zu beziehen. Diefs ist verdriefslich; denn es setzt voraus, dafs der Zusammensatz der Luft durchaus unveränderlich sey. Es ist zu wünschen, dafs man künftig bei Bestimmung der Dichtigkeit der Gase eins der einfachen, leicht im Zustande der Reinheit darstellbaren Gase als Vergleichungspunkt wähle, z. B. Sauerstoffgas. Diese Wahl würde um so zweckmäfsiger seyn, als man den Sauerstoff schon bei

Berechnung der chemischen Aequivalente als Ausgangspunkt erwählt hat.

Bestätigung des Mariotte'schen Gesetzes für die atmospärische Luft.

Beim Versuch IV wägte man den Ballon, nachdem man ihn, in Eis getaucht, theilweis ausgepumpt hatte. Man fand dabei:

Spannkraft der im Ballon gebliebenen Luft . . .	F_0 = 306mm,03
Gewicht hinzugefügt dem Ballon	P' = 9gm,122.

Daraus und aus den Angaben des Versuches IV ergiebt sich:

Gewicht der Luft, den Ballon füllend bei 0° und unter dem Druck 303mm,10	5gm,0895
Angenommen nach Versuch IV, dafs die Luft unter 0m,76 wiege 12gm,7764, giebt die Rechnung, gestützt auf das Mariotte'sche Gesetz	5 ,0954
Unterschied	0gm,0059.

Im Versuch V wurde gefunden:

Gewicht der Luft bei 0° und 0m,76.	= 12gm,7795
Ballon im Eise	F_0 = 314mm,32
	P' = 8gm,981.

Hieraus und aus den Daten des Versuchs V ergiebt sich:

Gewicht der Luft bei 0° und 312mm,35.	5gm,251
Das Mariotte'sche Gesetz giebt	5 ,2522
Unterschied	0gm,0012.

Beim Versuch IX hatte man:

Gewicht der Luft bei 0° und 0m,76.	= 12gm,7790
Ferner.	F_0 = 363mm,80
	P' = 7gm,969.

Diese Daten, combinirt mit denen des Versuchs IX, geben:

Gewicht der Luft bei 0° und 358mm,22.	6gm,0225
Das Mariotte'sche Gesetz liefert.	6 ,0233
Unterschied	0gm,0008.

Die Rechnung gab also beständig ein etwas gröſseres Gewicht als der Versuch, allein die Unterschiede sind zu gering, als daſs man sie nicht den Beobachtungsfehlern zuschreiben könnte.

Bestimmung des Ausdehnungscoëfficienten der Luft.

Beim Versuche I hatten wir für das Gewicht der Luft, welches den Ballon bei 0° und $0^m,76$ füllte: $12^{gm},7744$.

Versetzt in den Dampf von siedendem Wasser unter dem Druck:

$$H'_0 = 760^{mm},47,$$

drang aus dem Ballon ein Gewicht Luft:

$$p = 3^{gm},421.$$

Daraus ergiebt sich:

$$T = 100^0,02 \; ; \; \left(P_0 \frac{H'_0}{760} - p\right) = 9^{gm},3734,$$

und:

$$P_0 H'_0 (1 + k\,T) = 12^{gm},774 \,.\, 760,47 (1 + 0,0000233 \,.\, 100^0,02),$$

woraus:

$$\alpha = 0,003667.$$

Beim Versuche II hatte man:

Gewicht der Luft im Ballon bei 0° und $0^m,76 = 12^{gm},7800$.

Bei der Temperatur 99°,80 und dem Druck $754^{mm},66$ trat aus ein Luftgewicht:

$$p = 3^{gm},366;$$

darnach ist:

$$\alpha = 0,003663.$$

Dichtigkeit des Stickgases.

Das Stickgas ward bereitet, indem man atmosphärische Luft ein glühendes Kupferrohr, das mit metallischem Kupfer gefüllt war, durchstreichen lieſs; am Ende dieses Rohrs ging das Gas durch ein U-förmiges Rohr voll Glasstücke, benäſst mit einer concentrirten Lösung von Aetzkali, dann durch ein zweites Rohr mit schwefelsaurem Bimstein.

I. Ballon voll . . . . $H_0 = 758^{mm},55$
$p = 1^{gm},8725$
Ballon leer . . . . $h_0 = 2^{mm},18$
$P = 14^{gm},227$
Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$ $= 12\ \ ,4137$.

II. Ballon voll . . . . $H_0 = 758^{mm},55$
$p = 1^{gm},8725$
Ballon leer . . . . $h_0 = 7^{mm},81$
$P = 14^{gm},135$
Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$ $= 12\ \ ,4137$.

III. Ballon voll . . . . $H_0 = 762^{mm},82$
$p = 1^{gm},802$
Ballon leer . . . . $h_0 = 7^{mm},81$
$P = 14^{gm},135$
Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$ $= 12\ \ ,4145$.

IV. Ballon voll . . . . $H_0 = 762^{mm},84$
$p = 1^{gm},802$
Ballon leer . . . . $h_0 = 5^{mm},06$
$P = 14^{gm},1805$
Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$ $= 12\ \ ,4147$.

V. Ballon voll . . . . $H_0 = 762^{mm},42$
$p = 1^{gm},815$
Ballon leer . . . . $h_0 = 5^{mm},06$
$P = 14^{gm},1805$
Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$ $= 12\ \ ,4086$.

VI. Ballon voll . . . . $H_0 = 762^{mm},42$
$p = 1^{gm},815$
Ballon leer . . . . $h_0 = 6^{mm},00$
$P = 14^{gm},165$
Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$ $= 12\ \ ,4085$.

Mithin haben wir für das Gewicht des Stickgases, welches den Ballon bei 0° und unter dem Druck von 760 Millimetern füllte, gefunden:

	Grm.	Dichtigkeiten.
I.	12,4137	0,97148
II.	12,4137	0,97148
III.	15,4145	0,97154
IV.	12,4147	0,97155
V.	12,4086	0,97108
VI.	12,4085	0,97108
	Mittel	0,97137.

Der gröfste Unterschied beläuft sich auf $\frac{1}{2000}$. Die HH. Dumas und Boussingault hatten in drei Versuchen für die Dichtigkeit des Stickgases gefunden:

0,970 ; 0,972 ; 0,974 ; Mittel 0,972.

Dichtigkeit des Wasserstoffs.

Das Wasserstoffgas wurde mittelst Zink und Chlorwasserstoffsäure bereitet. Letztere ward kochend aufgegossen, um zu verhüten, dafs Luft in den Apparat trete. Das Gas ging folgweise durch vier Röhren; die erste, von U-Form, enthielt abwechselnde Lagen von Glasstücken und stark befeuchteten Stücken von Aetzkali; die zweite war gefüllt mit Glasstücken, welche mit einer heifs gesättigten Lösung von Quecksilberchlorid übergossen worden, folglich mit Krystallen und der Lösung dieses Salzes bekleidet waren; die dritte enthielt Aetzkalistücke, und die vierte Bimstein, benäfst mit concentrirter Schwefelsäure. Der ganze Apparat war so eingerichtet, dafs man ihn evacuiren konnte, was die Reinigung des Gases sehr erleichtert.

I. Ballon voll . . . . $H_0 = 756^{mm},16$

$p = 13^{grm},301$

Ballon leer . . . . $h_0 = 3^{mm},40$

$P = 14^{grm},1785.$

Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$ $= 0\ ,88591.$

II. Ballon voll . . . . $H_0 = 748^{mm},79$

$p = 13^{grm},308$

	Ballon leer	$h_0 = 1^{mm},88$
		$P = 14^{gm},178$
	Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$	$= 0^{gm},88465.$
III.	Ballon voll	$H_0 = 755^{mm},50$
		$p = 13^{gm},301$
	Ballon leer	$h_0 = 1^{mm},88$
		$P = 14^{gm},179$
	Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$	$= 0\ ,88484.$

Mithin hat man für das Wasserstoffgas bei 0° und $0^m,76$:

I.	Grm.:	0,88591	Dichtigkeit:	0,06932
II.	-	0,88465	-	0,06923
III.	-	0,88484	-	0,06924
			Mittel:	0,06926.

Hergeleitet aus der Zusammensetzung des Wassers, wie sie sich aus den Analysen des Hrn. Dumas ergiebt, unter der Annahme der Dichte des Sauerstoffgases =1,10563, wie wir sie weiterhin finden werden, ist die Dichtigkeit des Wasserstoffgases =0,06910, was sehr wenig von dem Ergebnifs unserer Wägungen abweicht.

Die HH. Dumas und Boussingault führen an, dafs sie bei mehren Bestimmungen die Dichtigkeit des Wasserstoffgases zwischen den Zahlen 0,0691 und 0,0695 gefunden haben [1]).

Dichtigkeit des Sauerstoffgases.

Das Sauerstoffgas wurde durch Erhitzung von chlorsaurem Kali bereitet. Es durchstrich folgweise drei Röhren; erstlich eine U-förmige voll Glasstücke, benäfst mit einer Lösung von Aetzkali, zweitens eine mit Aetzkali in Stücken, und drittens eine mit Bimstein und Schwefelsäure.

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III, T. VIII, p.* 201.

I.	Ballon voll	$H_0 = 746^{mm},21$
		$p = 0^{gm},317$
	Ballon leer	$h_0 = 3^{mm},69$
		$P = 14^{gm},115$
	Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$	$= 14 \;\; ,1230.$
II.	Ballon voll	$H_0 = 748^{mm},49$
		$p = 0^{gm},270$
	Ballon leer	$h_0 = 3^{mm},69$
		$P = 14^{gm},115$
	Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$	$= 14 \;\; ,1276.$
III.	Ballon voll	$H_0 = 750^{mm},22$
		$p = 0^{gm},172$
	Ballon leer	$h_0 = 4^{mm},59$
		$P = 14^{gm},033$
	Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$	$= 14 \;\; ,1281.$
IV.	Ballon voll	$H_0 = 748^{mm},49$
		$p = 0^{gm},204$
	Ballon leer	$h_0 = 4^{mm},59$
		$P = 14^{gm},033$
	Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$	$= 14 \;\; ,1283.$

Man hat also für das Sauerstoffgas bei 0° und $0^m,76$:

I.	Grm.:	14,1230	Dichtigkeit:	1,10525
II.	-	14,1276	-	1,10561
III.	-	14,1281	-	1,10564
IV.	-	14,1283	-	1,10565
			Mittel der drei letzten:	1,10563.

Die erste Bestimmung habe ich bei Ziehung des Mittels verworfen; sie ergab sich aus einer Wägung, die nach dritter Füllung gemacht wurde, und da der Ballon zuvor Wasserstoffgas enthalten hatte, so war von diesem eine sehr geringe Menge zurückgeblieben, was das Gewicht zu klein machen mufste. Ich hielt es indefs für schicklich, auch diese Wägung anzuführen, um keine der gemachten auszulassen.

Die HH. Dumas und Boussingault geben an (p. 275 ihrer Abhandl.), dafs sie durch zahlreiche Bestim-

stimmungen die Dichte des Sauerstoffgases zwischen 1,105 und 1,107 gefunden. Die drei Bestimmungen, welche sie für die genauesten halten, sind:

1,1055 ; 1,1058 ; 1,1057 ; Mittel 1,1057.

Versuche mit Kohlensäuregas.

Das Kohlensäuregas wurde aus weifsem Marmor durch Chlorwasserstoffsäure abgeschieden; das Gas ging durch eine Waschflasche, enthaltend eine Lösung von kohlensaurem Natron, dann durch eine lange Röhre voll Bimstein mit Schwefelsäure. Die Chlorwasserstoffsäure war siedend heifs.

I.	Ballon voll	$H_0=763^{mm},04$
		$p=0^{gm},6335$
	Ballon leer	$h_0=1^{mm},57$
		$P=20^{gm},211$
	Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$	$=19\ \ ,5397.$
II.	Ballon voll	$H_0=759^{mm},13$
		$p=0^{gm},736$
	Ballon leer	$h_0=1^{mm},57$
		$P=20^{gm},211$
	Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$	$=19\ \ ,5377.$
III.	Ballon voll	$H_0=756^{mm},72$
		$p=0^{gm},796$
	Ballon leer	$h_0=1^{mm},57$
		$P=20^{gm},211$
	Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$	$=19\ \ ,5397.$
IV.	Ballon voll	$H_0=756^{mm},34$
		$p=0^{gm},808$
	Ballon leer	$h_0=1^{mm},71$
		$P=20^{gm},2085$
	Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$	$=19\ \ ,5385.$
V.	Ballon voll	$H_0=753^{mm},39$
		$p=0^{gm},8835$
	Ballon leer	$h_0=1^{mm},71$
		$P=20^{gm},2085$
	Gewicht d. Gases bei 0° u. $0^m,76$	$=19\ \ ,5396.$

Man hat also für das Kohlensäuregas bei 0° und $0^m,76$:

I.	Grm.:	19,5397	Dichtigkeit:	1,52915
II.	-	19,5377	-	1,52900
III.	-	19,5397	-	1,52915
IV.	-	19,5385	-	1,52906
V.	-	19,5396	-	1,52915
			Mittel;	1,52910.

Ausdehnungscoëfficient des Kohlensäuregases.

Im Versuche II fanden wir das Gewicht des Kohlensäuregases, welches den Ballon bei 0° und unter $0^m,76$ füllt, $= 19,5377$ Grm.

Der Ballon wurde im Dampf von siedendem Wasser erhitzt, bei 99°,94 Temperatur und unter $758^{mm},53$ Druck. Es entwich ein Gasgewicht:

$$P' = 6^{gm},0045.$$

Diese Angaben, verknüpft mit den übrigen des Versuches II, geben den Ausdehnungscoëfficienten α' des Kohlensäuregases:

$$\alpha' = 0,003719.$$

Im Versuch IV füllte den Ballon bei 0° und $0^m,76$ ein Gasgewicht $= 19,5385$ Grm. Der Ballon, erhitzt bis 99°85 unter $755^{mm},68$ Druck, entliefs an Gas $= 6^{gm},055$. Verknüpft mit den Elementen des Versuchs IV, ergiebt sich hieraus:

$$\alpha' = 0,003719.$$

In einer früheren Abhandlung [1]) habe ich mittelst der Methode, bei der das Gas gleiche Spannkraft bei 0° und 100° behielt, gefunden:

$$\alpha' = 0,0037099.$$

Versuche, zu ermitteln, ob das Kohlensäregas bei 0°, unter schwächerem Druck als der der Atmosphäre, dem Mariotte'schen Gesetze folge.

Im Versuch V war bei 0° und $0^m,76$ das Gewicht des Kohlensäuregases im Ballon 19,5396 Grm. Theilweise ausgepumpt hatte man:

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III, T. V, p.* 68. (Ann. Bd. 57, *S.* 139.)

Ballon im Eise . . . . $F_0 = 375^{mm},84$
$P' = 10^{gm},624$

Das Gas bei 0° und $374^{mm},13$ wog . . . . . $= 9\ ,5845$

Nach dem Mariotte'schen Gesetze müſste es wiegen $= 9\ ,6628$.

Nach weiterem Auspumpen des Ballons hatte man:

Ballon im Eise . . . . $F_0 = 225^{mm},88$
$P' = 14^{gm},474$

Das Gas bei 0° und $224^{mm},17$ Druck wog . . . $= 5\ ;7345$

Nach dem Mariotte'schen Gesetze müſste es wiegen $= 5\ ,7634$.

Man sieht hieraus, daſs das Kohlensäuregas selbst unter Drucken, die schwächer als der der Atmosphäre sind, sehr beträchtlich vom Mariotte'schen Gesetze abweicht.

Versuche, zu ermitteln, ob das Kohlensäuregas bei 100°, unter schwächeren Drucken als der der Atmosphäre, dem Mariotte'schen Gesetze folge.

Ballon voll Gas in siedendem Wasser $H_0 = 760^{mm},34$ $T = 100°,01$
$P' = 5^{gm},901$

Ballon in siedend. Wasser mit Spannkraft $F'_0 = 343^{mm},08$
$P = 13^{gm},7405$
$H'_0 = 757^{mm},98$ $T' = 99°,92$

Ballon leer in siedendem Wasser $H = 756\ ,51$
$h = 4\ ,69$
$P = 20^{gm},091$.

Hieraus ergiebt sich: Gewicht des Kohlensäuregases im Ballon bei 100°,01 und unter $755^{mm},65$ Druck $= 14^{gm},190$, oder bei 100° und $0^{m},76$, $= 14^{gm},2717$.

Das Gewicht des Gases, welches den Ballon bei 99°,92 und unter $338^{mm},39$ füllte, war $= 6^{gm},3505$; bei 100°,01 würde dasselbe Gasvolum wiegen $= 6^{gm},3549$.

Angenommen, $14^{gm},2717$ unter dem Druck von $0^{m},76$, ist das nach dem Mariotte'schen Gesetze berechnete Gewicht $= 6^{gm},3545$, was fast identisch ist mit dem durch den Versuch gefundenen.

Hieraus schlieſse ich, daſs das Kohlensäuregas unter schwächeren Drucken als der der Atmosphäre, dem Mariotte'schen Gesetze folgt, sobald es bis 100° C. erhitzt ist.

Mittelst der vorstehenden Daten kann man die Dichtigkeiten berechnen, welche die Kohlensäure in Bezug auf die Luft besitzt, wenn beide Gase unter gleichen Umständen der Temperatur und des Drucks befindlich sind.

Die Dichtigkeit des Kohlensäuregases bei 0° ist

unter dem Druck:	760mm,00 . .	1,52910
- - -	374 ,13 . .	1,52366
- - -	224 ,17 . .	1,52145,

und bei 100°

unter dem Druck:	760mm,00 . .	1,52418
- - -	338 ,39 . .	1,52410,

Angenommen, das Atomgewicht des Kohlenstoffs sey 75,00, ist die Dichte des Kohlensäuregases =1,52024.

Die Dichtigkeit, welche wir bei der Temperatur 0° und unter dem Druck von 760 Millm. gefunden haben, führt für den Kohlenstoff zu dem Atomgewicht =76,60, das der Berzelius'schen Zahl 76,44 nahe kommt, welche die Chemiker lange Zeit angenommen haben. Man sieht aus diesem Beispiel, wie viel Umsicht es bedarf, um ein Atomgewicht aus der Dichtigkeit des Gases abzuleiten.

VIII. *Untersuchung über die Dichtigkeit des Dampfes zusammengesetzter Körper; von Herrn August Cahours.*

(*Compt. rend. T. XX, p.* 51.)

Indem ich meine Untersuchung über die Dichtigkeiten flüchtiger Körper verfolgte [1]), habe ich mich überzeugt, dafs die Essigsäure es nicht allein ist, welche die von Hrn. Dumas nachgewiesene sonderbare Anomalie darbietet, eine Anomalie, die sich, nach den neuen Versuchen

1) S. Ann. Bd. 63, S. 593.

von Herrn Bineau, auch bei der Ameisen- und der Schwefelsäure findet[1]).

Zwar erhält man in den meisten Fällen, wenn man bei 30 bis 40 Grad oberhalb des Siedpunkts der Substanzen arbeitet, Zahlen, die nahe mit den von der Theorie gegebenen zusammenfallen; so verhalten sich der Alkohol und seine Verwandten, die meisten zusammengesetzten Aetherarten und viele der Kohlenwasserstoffe; allein es giebt Verbindungen, die sich anders verhalten, und diese haben besonders meine Aufmerksamkeit auf sich gezogen.

Ich habe die Ehre, der Academie hier einige der im Verfolg meines Studiums erhaltenen Resultate vorzulegen, mir vorbehaltend, nächstens eine ausführlichere Abhandlung darüber zu liefern.

Ich habe mich überzeugt, dafs die Dichtigkeit des Dampfes von Alkohol und seinen Verwandten (Holzgeist, Fuselöl), bei 30 bis 35° C. über ihren Siedpunkt genommen, nahe mit der theoretischen Dichte übereinstimmt. Selbst 10 bis 12° oberhalb dieses Punktes ist die Abweichung noch unbeträchtlich.

Der Aether liefert ähnliche Resultate. Bei 30 Grad über seinem Siedpunkt giebt er die Zahl 2,59, welche zwei Volumen Dampf entspricht; auch bei 200 Grad über dem Siedpunkt verhält er sich noch so, und folglich hat sich die Anordnung der Molekule durch diese hohe Temperatur nicht geändert. Auch das Wasser verhält sich so.

Dagegen zeigen die aus dem Alkohol ableitbaren Säuren (Essig-, Butter-, Baldriansäure) bedeutende Abweichungen, wie man aus folgenden Tafeln ersehen mag.

1) Siehe den folgenden Aufsatz.

Dichtigkeiten des Essigsäuredampfs bei verschiedenen Temperaturen.

Temperatur.	Dichtigkeit.	Temperatur.	Dichtigkeit.
125° C.	3,20	219° C.	2,17
130	3,12	230	2,09
140	2,90	250	2,08
150	2,75	280	2,08
160	2,48	300	2,08
171	2,42	321	2,08
190	2,30	327	2,08
200	2,22	338	2,08

Dichtigkeiten des Buttersäuredampfs bei verschiedenen Temperaturen.

Temperatur.	Dichtigkeit.	Temperatur.	Dichtigkeit.
177° C.	3,68	261° C.	3,07
208	3,44	290	3,07
228	3,22	310	3,07
249	3,10	330	3,07

Die Baldriansäure giebt analoge Resultate, doch sind bei ihr die Abweichungen geringer als bei der Buttersäure.

Bei diesen Verbindungen, wie bei den Alkoholen, aus denen sie entspringen, ist das Molecul dividirbar durch 4; allein um zu übereinstimmenden Resultaten mit der Theorie zu gelangen, mufs man, wie zu ersehen, bei sehr vom Siedpunkt entfernten Temperaturen arbeiten, was anzudeuten scheint, dafs bei diesen Dämpfen die Cohäsion erst ziemlich weit oberhalb des Siedpunkts Null werde.

Es ist übrigens bemerkenswerth, dafs Körper, die so manche auffallende Analogie zeigen, dieselbe auch in der Anordnung ihrer Molecule wiederholen.

Die meisten der zusammengesetzten Aetherarten, viele der ätherischen Oele und besonders die öligen Kohlenwasserstoffe liefern 30 bis 40 Grade über ihrem Siedpunkt Zahlen, die vollkommen mit der Theorie übereinstimmen. Ich hatte geglaubt, es wären blofs die Säuren, welche die Anomalien zeigten, allein ich habe mich überzeugt, dafs die vollkommen neutralen Oele des Anises

und des Fenchels ähnliche Resultate, wie die obigen liefern.

So gab das Anisöl, dessen theoretische Dichte 5,18 ist, bei

Temperatur:	245° C.	Dichtigkeit:	5,98
-	260	-	5,73
-	270	-	5,64
-	325	-	5,22
-	338	-	5,19.

Bei dieser hohen Temperatur erleidet das Oel, obwohl es sich bräunt, keine Zersetzung, wovon ich mich durch Analyse des Rückstands überzeugt habe:

Aus den von mir beobachteten und den früher bekannten Thatsachen geht hervor, dafs das Molecul der zusammengesetzten Körper immer durch 2 oder durch 4 dividirbar ist. Die Division durch 6 und durch 3 existirt nicht, wie diefs auch aus Hrn. Malaguti's Versuchen über das Formäthylal und den meinigen über die Säuren der Essigsäure-Gruppe hervorgeht.

Nur eine einzige Verbindung macht Ausnahme von der Regel, nämlich das Chlorsilicium, welches, wenn man die Zahl 92,6 für das Atomgewicht des Siliciums, und SiO für die Formel der Kieselerde annimmt, nur ein einziges Volum Dampf giebt. In derselben Hypothese würde der neulich von Hrn. Ebelmen entdeckte Kieselsäure-Aether [1]) gleichfalls nur ein Volum Dampf geben. Vermöge der Analogie, welche die Kieselsäure mit der Titan- und Zinnsäure darbietet, könnte man aber erstere vielleicht durch die Formel SiO_2 darstellen, und dann würden Chlorkiesel und Kieselsäure-Aether ein durch 2 dividirbares Molecul besitzen.

1) Ann. Bd. 63, S. 174.

IX. *Ueber die Dichtigkeit des Dampfs des Ameisen- und des Schwefelsäurehydrats; von Hrn. A. Bineau.*

(*Compt. rend. T. XIX, p.* 769. — Eine in dieser Notiz zugleich enthaltene Bestimmung der Dichtigkeit des Essigsäuredampfs wurde schon in den Ann. Bd. 63, S. 596 mitgetheilt.)

Ameisensäure.

Ameisensaures Blei, gereinigt durch wiederholtes Umkrystallisiren, Abwaschen mit Alkohol und sorgfältiges Trocknen, wurde in einer Tubulatretorte zersetzt durch einen Strom von trocknem Schwefelwasserstoffgase, dem ein Strom von Kohlensäure folgte. Die Destillation wurde dann in einem Bade von Chlorcalcium bewerkstelligt, unter Fortschüttung der ersten Portionen, die noch einen schwachen Geruch nach Schwefelwasserstoffgas besafsen. Das Product diente zu den folgenden Bestimmungen (von denen die No. I nach der Gay-Lussac'schen, die No. II nach der Dumas'schen Methode ausgeführt wurde.)

I.	Ameisensäure im Kügelchen, das in den Gay-Lussac'schen Apparat gebracht wurde	0grm,230
	Volum des Dampfs	146 C.C.
	Temperatur	111° C.
	Unterschied der Quecksilberspiegel	0m,135
	Barometerstand	0 ,743
	Dichtigkeit des Dampfs	2,125.

II.	Ameisensäure	0grm,379	
	Dampfvolum	225 C.C.	226 C.C.
	Temperatur	115°	118°
	Niveauxunterschied	0m,096	0m,096
	Barometerstand	0 ,751	0 ,751
	Dichte des Dampfs	2,12	2,14.

Berechnet nach dem Sättigungsvermögen würde das Gewicht der Ameisensäure 0grm,376 gewesen seyn.

Die der Formel $\frac{1}{3}(C_4 H_4 O_4)$ entsprechende Dichtigkeit wäre $= 2,12$. Diefs ist also dieselbe Verdichtungsweise wie bei der Essigsäure.

Schwefelsäure.

Die Bestimmung des specifischen Gewichts der gasförmigen concentrirten Schwefelsäure hat zwischen dieser Säure und den beiden vorhergehenden (der Essigsäure und der Ameisensäure) eine Aehnlichkeit nachgewiesen, welche ich wenig erwartete. Sie wurde ausgeführt mittelst Ballone mit ausgezogener Spitze, die in einem Metallbade erhitzt wurden.

Ballon offen (man brachte 17grm,0 Säure hinein)	86grm,907
Ballon verschlossen, voll Dampf	86 ,954
Temperatur der Waage	21°
Atmosphärischer Druck	0m,747
Luftrückstand	9 C.C.
Gesammtes Volum	572 - -

Die Temperatur des Dampfs wurde angezeigt durch Röhren, die an einem Ende ausgezogen waren, sich neben dem Ballon befanden, zugleich mit diesem zugeschmolzen, und dann unter Quecksilber geöffnet wurden. Endlich wägte man sie: 1) mit dem Quecksilber, welches eindrang, während die darin gebliebene Luft sich unter gleichen Umständen befand wie die äufsere atmosphärische, 2) voll Quecksilber, und 3) leer.

Volum der Röhren, ausgedrückt durch das Gewicht Quecksilber, welches sie füllte	87,45 C.C.	85,1 C.C.
Luftrückstand bei 21° und 0m,747	41,6 - -	40,7 - -
Verhältnifs (entsprechend 343° C.)	2,090	2,088
Dichtigkeit des Dampfs	2,28.	

Zweiter Versuch.

Ballon offen (man brachte 8 Grm. Säure hinein)	105grm,525
Ballon verschlossen, voll Dampf	105 ,530
Temperatur	21° C.
Barometer	0m,749
Luftrückstand	Spur.

Volum	544 C. C.
Verhältnifs der Ausdehnung, nach dem Luftthermometer	2,167
Kalkwasser, neutralisirend $\frac{50}{544}$ der Säure des Ballons (nach zwei übereinstimmenden Versuchen) . . .	32,4 C. C.
Kalkwasser, neutralisirend 0,2255 Grm. verdünnter Salzsäure, entsprechend 0,0613 Grm. concentrirter Schwefelsäure	33,6 - -
Gewicht der Säuren, zufolge dieser Angaben . . .	0^{grm},642
Dichtigkeit zufolge der bloſsen Wägungen	2,18
Dichtigkeit zufolge des vom Kalkwasser angezeigten Gewichts der Säuren	215.

Der geringe Unterschied zwischen diesen beiden Zahlen zeigt, daſs die Säure nur eine sehr geringe Wirkung auf das Glas ausübte.

Die Dichtigkeit, welche einem Drittel-Aequivalent entspricht, oder anders gesagt, in der Annahme berechnet ist, daſs zwischen Säure und Wasser eine Verdichtung im Verhältniſs 4 : 3 stattfinde, würde seyn = 2,16.

Man hat also drei Säuren-Monohydrate (auſser den obigen zwei, das Essigsäurehydrat), in welchen das Gewicht des Dampfs, verglichen mit dem Aequivalent, ein ungewöhnliches Verhältniſs zeigt, während bei der Benzoësäure und Kampholsäure das Aequivalent wie gewöhnlich 4 Volume Dampf vorstellt.

X. *Untersuchung über die Verdampfungswärme; von Hrn. Person.*

(*Compt. rend. T. XVII, p.* 495. Vom Verf. gemachter Auszug.)

Die Verdampfungswärme kannte man bisher nur für vier Substanzen: Wasser, Alkohol, Schwefeläther und Terpenthinöl. Diese Untersuchung bestimmt sie für zehn andere: Brom, Jod, Schwefel, Quecksilber, schweflige Säure, wasserfreie Schwefelsäure, Schwefelsäure mit 1 At.

Wasser, Schwefelkohlenstoff, Chlorwasserstoffäther und Holzgeist.

Für die schweflige Säure und den Chlorwasserstoffäther wurde die Mengungsmethode angewandt. Ein Glaskügelchen, versehen mit zwei gekrümmten und ausgezogenen Röhren, wurde zur Hälfte mit der Flüssigkeit gefüllt, dann vor der Lampe zugeschmolzen, und in ein bekanntes Gewicht Wasser getaucht, bis das Temperatur-Gleichgewicht hergestellt war. Nun öffnete man es, worauf die Verdampfung erfolgte, anfangs vermöge der Wärme, welche die Flüssigkeit über ihrem Siedpunkt hatte, und alsdann durch die Wärme, welche das Wasser lieferte. Bei Kenntnifs der specifischen Wärme läfst sich dann die Verdampfungswärme bestimmen.

Für die übrigen acht Substanzen wurde ein neues Verfahren angewandt. Man weifs, dafs flüchtige Flüssigkeiten, auf eine hinreichend heifse Fläche geschüttet, dieselbe nicht berühren, sondern von ihrem eigenen Dampf in der Luft getragen werden.

Eine Formel, die in einer früheren Abhandlung aufgestellt wurde [1]), giebt dann die Dauer der Verdampfung, wenn man die Verdampfungswärme kennt, und so umgekehrt. Unter diesen Umständen wird die Wärme fast ausschliefslich der Flüssigkeit durch die sie tragende Dampfschicht zugeführt; wenn diese Schicht sehr dünn ist, haben die Unterschiede in der Natur der Flüssigkeit keinen merklichen Einflufs, und deshalb gilt die Formel gleich gut für Wasser, Aether, Alkohol, Terpenthinöl und also auch andere Flüssigkeiten. Die Dampfschicht ist hinlänglich dünn, wenn die Temperatur der Fläche nicht über 100 bis 150° höher ist als der Siedpunkt der Flüssigkeit.

Das Verfahren kommt darauf zurück: Eine kleine Schale von Silber oder Platin wird an drei Drähten über einer gewöhnlichen Oellampe aufgehängt. Für schwere und wenig flüchtige Flüssigkeiten, wie Schwefelsäure, ist

1) S. Ann. Bd. 57, S. 292.

diese Wärme hinreichend, damit sie von ihrem Dampfe getragen werden. Man tröpfelt ein bekanntes Gewicht der Flüssigkeit darauf; man notirt die Dauer der Verdampfung, und nimmt dann die Temperatur der Schale durch Eintauchung oder auf andere Weise. Zur Erlangung der Verdampfungswärme hat man dann die Formel:

$$k = 0{,}02687 \left(\frac{1+\delta}{D}\right)^{\frac{2}{3}} \frac{\tau(c+c')}{p^{\frac{1}{2}}}.$$

Darin ist k die Verdampfungswärme, D das specifische Gewicht der Flüssigkeit, δ die Ausdehnung derselben bis zum Siedpunkt, p das Gewicht in Grammen, τ die Dauer (der Verdampfung) in Secunden, $c = ma^t(a^\vartheta - 1)$, t der Siedpunkt, $t+\vartheta$ die Temperatur der Schale, $a = 1{,}0077$, $m = 0{,}1$ für eine ebene Schale, $= 0{,}2$ für einen tiefen Tiegel, so lange man nicht 300 oder 400° C. überschreitet (für höhere Temperaturen siehe meine erste Abhandlung), $c' = 0{,}48\,\vartheta^{0{,}92}$.

Gewisse Flüssigkeiten erfordern eine Abänderung am Verfahren. So die sehr flüchtigen Flüssigkeiten; da sie nur einer wenig erhöhten Temperatur bedürfen, so erhält man diese auf eine festere Weise, wenn man mit einem Tiegel arbeitet, und diesen in eine siedende Salzlösung taucht. Beim Quecksilber mufs man einen Tiegel über einer Lampe mit doppeltem Luftzuge rothglühend machen; eine Temperatur von 100 bis 150° über dem Siedpunkt reicht nicht hin, dafs eine so dichte Flüssigkeit wie diese von ihrem Dampf getragen werde.

Beim Schwefel würde die Dauer der Tropfen vermöge ihrer Verbrennung in der Luft fast auf nichts reducirt werden; es wurde daher eine Atmosphäre von Kohlensäure angewandt.

Man suchte natürlich, ob in den erhaltenen Resultaten ein Gesetz vorhanden sey, und ein solches giebt es sogleich ganz einleuchtend, nämlich diefs: *dafs die Verdampfungswärmen der Atome genau in der Ordnung der Siedpunkte stehen.*

Bekanntlich existirt diese Relation nicht, wenn man gleiche Gewichte betrachtet. Es giebt dann keine Ordnung; die Substanzen, die bei den höchsten Temperaturen verdampfen, sind keineswegs die, welche die meiste Wärme verlangen. Das Terpenthinöl z. B., das erst bei 157° C. siedet, erfordert sieben Mal weniger Wärme als das Wasser, welches bei 100° siedet. Wenn man aber gleiche Atomgewichte nimmt, stellt sich eine vollkommen regelmäſsige Ordnung her. Man hätte dieſs schon an den vier zuvor bekannten Substanzen sehen können; allein deren wären doch zu wenig zum Verallgemeinern. Jetzt ist dieſs erlaubt, da man vierzehn Substanzen hat, und darunter sowohl einfache als zusammengesetzte, sowohl organische als unorganische. Wenn demnach eine Substanz bei einer höheren Temperatur siedet als eine andere, so kann man gegenwärtig behaupten, daſs die zu ihrer Verdampfung nöthige Wärme gröſser ist, wie übrigens auch ihre chemische Zusammensetzung beschaffen seyn mag. Siedet sie bei derselben Temperatur, so ist auch ihre Verdampfungswärme dieselbe. Man sieht dieſs z. B. am Brom, an der wasserfreien Schwefelsäure und am Schwefelkohlenstoff, die alle drei bei 46° C. gasförmig sind. Ein anderes Beispiel für hohe Temperaturen geben Quecksilber und Schwefelsäure.

Construirt man eine Curve mit den Siedpunkten und Verdampfungswärmen als Coordinaten, so findet man keine durch Zufall zur allgemeinen Curve hinausgestoſsene Punkte. Der Gang der Curve gegen die höheren Temperaturen hin läſst glauben, daſs zur Verdampfung liquefiicirter Gase, wie Chlor, Kohlensäure u. s. w. noch eine sehr bedeutende Wärme erforderlich sey. Dieſs ist wenigstens für die schweflige Säure gewiſs.

Wenn gegeben sind: Das Atomgewicht einer Substanz und deren Siedpunkt von 10 Grad unter Null bis 350 darüber, sey es durch Interpolation oder durch Construction, so kann man gegenwärtig die Verdampfungs-

wärme finden; oder allgemeiner, wenn von den drei Elementen: Siedpunkt, Atomgewicht und Verdampfungswärme, zwei gegeben sind, so läfst sich das dritte bestimmen.

Da Körper von wesentlich verschiedener chemischer Zusammensetzung gleiche Verdampfungswärme besitzen, sobald ihr Siedpunkt derselbe ist, so wird man zu dem Schlufs geführt, dafs wenn die Atome der elementaren Bestandtheile von Verbindungen unter einerlei Umständen in Dampf verwandelt werden könnten, für alle genau dieselbe Wärmemenge erforderlich seyn würde. Man gelangt sonach zu einem Gesetz, welches für die Verdampfungswärme dasselbe ist, was das Dulong-Petitsche Gesetz für die specifische Wärme ist. Es ist sogar allgemeiner, weil es unterschiedslos für einfache und zusammengesetzte Körper gilt. Die bekannten Abweichungen beim Dulong-Petit'schen Gesetz scheinen nicht vom chemischen Zusammensatz, sondern von der physischen Beschaffenheit der Atome abzuhängen.

Eine neue aus diesen Untersuchungen hervorgehende Thatsache ist: dafs Brom, Jod und Schwefel mit derselben Wärmemenge ein halb so grofses Dampfvolum bilden als die andern Substanzen unter gleichen Umständen. Diefs findet beim Quecksilber nicht statt.

Hienach ist leicht zu ersehen, dafs das Gesetz über die Wärmegleichheit der Dampfatome nicht zusammenfällt mit dem Gesetz, welches gleiche Wärme für gleiches Volum beim Siedpunkt annimmt. Allein selbst für die Körper, deren Atomgewichte unter gleichen Umständen gleiche Volume Dampf bilden würden, findet nur annäherungsweise Gleichheit der Wärme bei Gleichheit des Volums statt, wie es übrigens schon Despretz bemerkt hat. Es läfst sich allgemein erweisen, dafs diese angenäherte Gleichheit aus einer Compensation entspringt, die niemals vollkommen ist.

Wahrscheinlich geht aus den gesammten Angaben über

die Verdampfungswärme noch ein Gesetz hervor, nämlich: dafs die Verdampfungswärme einer Verbindung kleiner ist als die Summe der Verdampfungswärmen ihrer Bestandtheile. In der That ist die Verdampfungswärme eines zusammengesetzten Atoms oft kleiner als die eines einfachen Atoms, und sie wächst bei weitem nicht proportional mit der Anzahl der zusammensetzenden Atome. Addirt man die Verdampfungswärme der wasserfreien Schwefelsäure und die des Wassers, so findet man die Summe gröfser als die Verdampfungswärme der wasserhaltigen Schwefelsäure. Nimmt man diefs Gesetz an, so wird man zu dem Schlufs geführt, dafs der Alkohol keine Verbindung von Aether und Wasser ist, dafs er vielmehr nur ein Hydrat von Aethyloxyd seyn kann, denn die Summe der Verdampfungswärmen des Aethers und des Wassers ist kleiner als die eines gleichen Gewichts Alkohol.

Dulong hat gefunden, dafs die latente Ausdehnungswärme gleich ist für einfache und für zusammengesetzte Gase, oder anders gesagt, dafs, um einfache oder zusammengesetzte Gase unter einerlei Umständen gleich stark auszudehnen, eine gleiche Wärmemenge pro Atom erforderlich ist. Es scheint, dafs dieselbe Gleichheit und dieselbe Unabhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung bei der ungeheuren Ausdehnung stattfinden, welche den Uebergang aus dem flüssigen Zustand in den gasigen begleitet. Wasserfreie Schwefelsäure und Schwefelkohlenstoff, wenn sie unter einerlei Umständen verdampfen, bilden ein gleiches Volum mit einer gleichen Menge Wärme. Dasselbe gilt nahezu von Alkohol und Holzgeist, von Quecksilber und wasserhaltiger Schwefelsäure, wenn man letzterer die wahrscheinlichste Dichtigkeit giebt. Geschieht die Verdampfung nicht bei gleicher Temperatur, so bestätigt der Gang der Unterschiede doch noch die Wahrheit des Gesetzes, dafs, ungeachtet der Verschiedenartigkeit der Zusammensetzung, eine gleiche

Menge Wärme ein gleiches Volum Dampf unter einerlei Umständen erzeugt.

Offenbar mufs man Schwefel, Brom und Jod für sich betrachten, um auf sie das Gesetz anzuwenden. Es ist nothwendig, die Körper nach den von gleicher Wärmemenge gebildeten Dampfvolumen wenigstens in zwei Klassen zu theilen.

Man kann jetzt einsehen, warum die Verdampfungswärmen die Ordnung der Siedpunkte befolgen. Betrachten wir zunächst Körper von derselben Klasse (mit gleichem Dampfvolum bei gleicher Verdampfungswärme). Sagen: dafs der Siedpunkt höher sey, heifst sagen, dafs das Dampfvolum gröfser sey; und es ist sehr natürlich, dafs zur Erzeugung eines gröfseren Volums eine gröfsere Wärmemenge nöthig ist. Betrachten wir nun Körper von verschiedenen Klassen, Wasser und Jod zum Beispiel. Sagen: dafs der Siedpunkt des Jods höher sey, heifst sagen: dafs sein Volum gröfser sey als die Hälfte des vom Wasser. Wäre es dieser Hälfte gleich, so würde der Siedpunkt derselbe seyn, und man hätte dieselbe Verdampfungswärme; da es aber gröfser ist, mufs die Verdampfungswärme auch gröfser seyn. Ein höherer Siedpunkt zieht demnach immer eine gröfsere Verdampfungswärme nach sich.

XI. *Ueber die latente Wärme beim Uebergang aus dem starren in den flüssigen Zustand; von Hrn. Person;*

(*Compt. rend. T. XX, p.* 757. Briefliche Mittheilung.)

Im letzten Jahre (im vorhergehenden Aufsatz) meldete ich, dafs einfache oder zusammengesetzte Substanzen, welche gleichen Siedpunkt haben, auch gleiche Verdampfungswärme besitzen, und dafs bei den übrigen die Verdam-

dampfungswärmen genau in der Ordnung der Siedpunkte stehen. In diesem Jahre habe ich gesucht, ob für die Wärme, welche beim Uebergang aus dem starren in den flüssigen Zustand gebunden wird, auch wohl ein einfaches Gesetz stattfinde. Ich untersuchte zunächst den Fall der Kältemischungen. Bei denen, die aus Eis und irgend einem Salze bestehen, ist, obwohl hiebei das Eis unterhalb Null und durch eine wirklich eine neue Verbindung bildende chemische Action schmilzt, die latente Wärme genau gleich derjenigen des Eises für sich und des Salzes, das sich in dem entstehenden Wasser löst. Daraus folgt, dafs man mit diesen Mischungen mehr Eis bilden kann als man anwendet. Ich habe z. B. gesehen, dafs 70 Grm. Eis und 20 Grm. Salmiak ungefähr 90 Grm. Eis gaben, wenn das Gefäfs, worin die Mischung geschah, in Wasser von Nullgrad getaucht war. Diese Versuche dienen zur Stütze des Princips, welches man gegenwärtig festzustellen trachtet, dafs, ausgegangen von demselben Punkt, um dasselbe Resultat zu erreichen, die von den Producten verbrauchte Wärme immer dieselbe ist, welch einen Gang man auch einschlage.

Ich wurde sonach veranlafst, die bei Auflösung von Salzen in Wasser latent werdende Wärme zu messen. Ich habe gefunden, dafs diese Wärme, nach Verhältnifs des Salzes und Wassers, bedeutend variirt. Es bedarf 22 Wärmeeinheiten (*calories*), um 1 Grm. Kochsalz in 50 Grm. Wasser zu lösen, während 10 Einheiten zur Lösung von 4 Grm. hinreichen. Noch weniger bedarf es, wenn das Wasser gesalzen ist, z. B. nur drei Einheiten, wenn das Wasser $\frac{1}{6}$ Salz enthält.

Eine daraus hervorgehende sonderbare Thatsache ist: dafs bei Verdünnung gewisser Salzlösungen mit Wasser Kälte entsteht. Man sieht z. B. aus den eben angeführten Zahlen, dafs es weniger Wärme bedarf, um 1 Grm. trocknes Kochsalz zu lösen, als um seine Lösung mit Wasser zu verdünnen. Aus dem Journal *L'Institut* habe

ich ersehen, dafs Hr. Graham zu London die bei Verdünnung von Salzlösungen erzeugte Kälte studirt hat. Allein Hr. Graham hat nicht die latente Wärme gemessen; es ist sogar unmöglich, sie aus seinen Versuchen abzuleiten, da er die specifischen Wärmen seiner Lösungen nicht bestimmt hat.

Bemerkenswerth ist, dafs, ungeachtet der Wärmeabsorption, eine Volumsverringerung stattfindet; ich habe gefunden, dafs die Dichtigkeit der neuen Lösung die mittlere Dichtigkeit übersteigt.

Lösungen von Chorcalcium erzeugen immer Wärme, wenn man sie mit Wasser verdünnt; hier hat man also das Gegentheil von dem, was uns das Chlornatrium zeigt. Das krystallisirte Chlorcalcium erzeugt immer Kälte; allein dieses Salz, mit dem man Gemische bildet, die Quecksilber zu gefrieren fähig sind, macht dennoch keine sehr grofse Wärmemenge latent. In den eben erwähnten Verhältnissen, die mit Salmiak 20 Grm. Eis lieferten, giebt es nicht mehr als höchstens $5\frac{1}{2}$.

Ich will noch ein Wort über die Schmelzungswärme hinzufügen. Wie man in der Lösung eines Salzes eine chemische Action erblickt, und eine solche Action im Allgemeinen Wärme erzeugt, so sollte man geneigt seyn, zu glauben, dafs die latente Lösungswärme geringer seyn müsse als die der Schmelzungswärme. Und wirklich ist diefs der Fall beim Chlorcalcium und beim salpetersauren Natron, aber beim salpetersauren Kali und beim chlorsauren Kali findet das Gegentheil statt.

Ich habe gefunden, dafs wenn man die zur Schmelzung von 1 At. Eis erforderliche Wärme zur Einheit annimmt, nahezu erforderlich sind: 6 für Chlorcalcium, 8 für salpetersaures Kali und salpetersaures Natron, 9 für chlorsaures Kali. Das ist die Ordnung der Schmelzung; allein meine Liste ist noch zu kurz, um irgend etwas daraus schliefsen zu können.

Bei diesen Versuchen war es nöthig, Temperaturen

zu messen, die den Siedpunkt des Quecksilbers überstiegen. Ich verlängerte daher das Thermometer um etwa 100°. Ein Druck von 4 Atmosphären ist dann hinlänglich, um das Quecksilber in einem Thermometer bis zu 450° ohne Sieden zu halten. Dieser Druck bewirkt keine Ausdehnung, die hier in Betracht kommt; er hat sogar nicht verhindert, dafs der Nullpunkt meines Thermometers nach und nach um 2 Grad gestiegen ist. Bei einem anderen Thermometer, bei dem ich bis 500° C. gehen wollte, fand zwar eine beträchtliche, bleibende Ausdehnung statt, allein die Kugel war auch aus dünnerem Glase, und der Druck betrug etwa 30 Atmosphären.

XII. *Ueber die specifische Wärme des Eises; von Hrn. Ed. Desains.*

(*Compt. rend. T. XX, p.* 1345. Auszug.)

Die englischen Physiker, welche im verflossenen Jahrhundert die Theorie der specifischen Wärme aufstellten, haben, wie es Séguin in einem Bericht über ihre Arbeiten sagt, mehr vermuthet als gefunden, dafs die specifische Wärme des Eises = 0,9 sey. Seitdem haben Desormes und Clément einerseits, und Avogadro andererseits dieselbe zu bestimmen gesucht. Die Ersteren wandten zwei Methoden an.

Bei der einen nahmen sie ein Stück Eis, kälter als Null, tauchten es in Wasser von Null, und wann sie die (höchste) Temperatur desselben erreicht hatten, wägten sie das ringsum angefrorne Eis, und leiteten daraus, mittelst einer bekannten Gleichung, die gesuchte specifische Wärme ab. Die Erwärmung des Eises konnte ungefähr zwei Stunden dauern.

Bei der anderen Methode gossen sie heifses Wasser auf Eis, das kälter als Null war, und maafsen das Minimum

der Temperatur des Wassers nach der Schmelzung des Eises. Bei der Rechnung setzten sie voraus, dafs die von dem Eise aufgenommene Wärme gleich sey der von dem Wasser verlornen.

Ein nach der ersten Methode gemachter Versuch gab 0,75 für die specifische Wärme des Eises, ein anderer, nach der zweiten, 0,70, und mehre andere, nach beiden Methoden, wenig verschiedene Resultate. Allein sie nahmen bei ihren Rechnungen die latente Wärme des Wassers zu 75 an; wenn man darin die richtigere Zahl 79,25 einführt, geben die zwei erwähnten Versuche 0,78 und 0,27, stimmen folglich nicht mehr überein.

Hr. Avogadro vermeidet bei seinen Versuchen das Schmelzen des Eises. Er schliefst es in ein kleines, wohl verstöpseltes Gefäfs ein, und setzt diefs der Luft zur Winterzeit aus; dann nimmt er, nach ziemlich langer Zeit, die Temperatur der Luft für die des Eises, und taucht es in Alkohol, welcher sich nun bis unter Null erkältet. Er zieht den Einflufs des umgebenden Mittels in Rechnung, und sucht zu schätzen, welcher Unterschied noch zwischen der Temperatur des Eises und der des Alkohols bleiben konnte, wenn letzterer sein Minimum erreicht hatte.

Durch das Mittel zweier Versuche fand er 0,92; allein der eine für sich gab ihm 0,75, und der andere also etwa 1,09.

Eine Ursache der Unsicherheiten bei vorstehenden Versuchen lag darin, dafs das Eis nur 7, 8 oder höchstens 10 Grad unter Null erkältet war, und folglich sich nicht um eine grofse Zahl von Graden erwärmen konnte. Ueberdiefs scheinen bei den Versuchen des Hrn. Avogadro, sowohl über die Temperatur zu Anfange als über die zu Ende, Zweifel übrig zu bleiben.

Es scheint mir auch, dafs es bei der zweiten Methode der HH. Clément und Desormes recht schwierig sey, zu wissen, mit welcher Temperatur das auf das Eis gegossene Wasser auf diesem anlangt.

Und endlich durfte weder bei der einen noch bei der anderen ihrer Methoden der Einfluſs des umgebenden Mittels vernachlässigt werden.

Ich habe mich bemüht, diese Fehlerquellen zu vermeiden oder zu verringern.

Ich habe die Vermengungsmethode angewandt, d. h. kaltes Eis in warmes Wasser getaucht, und aus der Temperaturerniedrigung des Wassers die specifische Wärme des Eises berechnet, mit Benutzung der von meinem Bruder und Hrn. Provostaye gefundenen Zahl 79,25. Ich habe mich bestrebt, das Eis kälter zu nehmen als es in den bisherigen Versuchen geschah; zu dem Ende erkältete ich es künstlich mittelst eines Gemenges von Eis und Salz, in einer Darre mit kalter Luft, analog der Darre mit heiſser Luft, die Hr. Regnault zu seinen Versuchen über die specifische Wärme anwandte. Das Eis ward in ein Körbchen von Messingdraht gebracht, in dessen Mitte sich ein Thermometer befand; das Körbchen war eingeschlossen in einen Cylinder, den ein zweiter Cylinder voll der Kältemischung umgab. Das Thermometer des Körbchens gelangte in drei Viertelstunden auf nahe $-20°$ C., und mit einiger Sorgfalt erhielt man diese Temperatur mehr als zwei Stunden fast constant. Dann brachte man den Apparat über das Mengungsgefäſs, und lieſs das Körbchen in dasselbe hinab; die Temperatur des Wassers war einige Grade höher als die der Luft, und wurde mit Sorgfalt gemessen; sie sank noch ein wenig mehr, als die Schmelzung vollendet war. An den beiden Thermometern, welche die Temperatur des Eises und des Wassers angaben, nahm ein Zehntelgrad etwa ein Millimeter ein.

Um den Einfluſs des umgebenden Mittels zu berechnen, machte man besondere Versuche über die Erkaltung und Erwärmung des mit Wasser gefüllten Mischungsgefäſses. Ich habe immer gesehen, daſs es, bei einem gleichen Unterschiede zwischen seiner Temperatur

und der der Luft, sich schneller erkaltete als erwärmte; ich schreibe dieses vor allem der Verdampfung des Wassers zu, welche die Erkaltung beschleunigt und die Erwärmung verlangsamt. Ich habe diesen Unterschied in der Rechnung berücksichtigt.

Durch ein Mittel mehrer wohl übereinstimmender Versuche, sowohl mit Schnee als mit Eis, habe ich für die specifische Wärme des Eises =0,513 gefunden; die Extreme waren 0,505 und 0,521.

Mann kann die specifische Wärme des Eises auch bestimmen, ohne es schmelzen zu lassen, wenn man es z. B. in Terpenthinöl erwärmt, und es so einrichtet, dafs das Temperaturminimum des Oels unter Null liegt; es ist jedoch zu bemerken, dafs im Augenblick dieses Minimums die Temperatur des Eises noch unter der des Oels liegt, und dafs, wenn man für die Erwärmung des Eises den Unterschied zwischen seiner anfänglichen Temperatur und dem Temperaturminimum des Oels nimmt, man derselben einen zu grofsen Werth beilegt, und deshalb einen zu geringen für die specifische Wärme des Eises erhält. So angewandt, ist diese Methode also unrichtig; sie kann indefs als Controle der ersteren dienen, wenn die Resultate, welche sie giebt, wirklich kleiner sind als die übrigen, und der Unterschied von einer Gröfsenstufe ist, dafs man ihn vernünftigerweise der bezeichneten Ursache zuschreiben kann. Und wirklich ist diefs der Fall, denn ich habe durch diese Methode 0,47 gefunden, statt 0,51.

Somit glaube ich schliefsen zu dürfen, dafs Schnee und Eis eine gleiche specifische Wärme besitzen, die 0,51 zum Werth hat, d. h. fafst halb so grofs ist wie die des Wassers.

Zusatz. Vorstehende Notiz hat Hrn. Person zufolgender Reclamation veranlafst (*Compt. rend. T. XX, p.* 1457).

Am 31. März d. J. deponirte ich bei der Academie

ein versiegeltes Paket, welches unter anderem auch die Bestimmung der specifischen Wärme des Eises enthält. Erst am 5. Mai hat Hr. Desains seine Arbeit über denselben Gegenstand mitgetheilt; die Frage über die Priorität ist hier also entschieden. Ich bitte jedoch die Academie, die Eröffnung des Pakets zu verschieben, weil es andere Resultate enthält, die noch einer weiteren Bearbeitung bedürfen. Ich sage hier bloſs, daſs ich durch drei in meiner Abhandlung aus einander gesetzte Methoden die specifische Wärme des Eises zwischen 0,50 und 0,56 gefunden habe. Ich habe mich für 0,56 entschieden, weil die specifische Wärme des Atoms dann genau = 0,63 wird, gleich der Zahl, welche Hr. Regnault für die Oxyde gefunden, die am meisten dem Wasserstoffoxyde nahe kommen, d. h. für Zinkoxyd und Manganxoxydul (in dem 2 Atome Wasserstoff nur 1 Aequivalent Metall bilden).

Ich will noch zwei andere Resultate ausziehen, die mit der gegenwärtigen Frage in inniger Beziehung stehen.

Durch Messung der specifischen Wärme mehrer Salze, die viel Krystallwasser enthalten, wie Borax und phosphorsaures Natron, habe ich gefunden, daſs man fast auf die vom Versuch gegebenen Zahlen zurückkommt, wenn man die specifische Wärme des Salzhydrats nach der Formel

$$\frac{mc + m'c'}{m + m'}.$$

berechnet, wo m und m' die Proportionen, und c, c' die specifischen Wärmen des wasserfreien Salzes und des Eises sind. Das Krystallwasser ist also gewissermaſsen als Eis in den Salzen, wenigstens tritt es in diese mit der specifischen Wärme des Eises, und nicht mit der des Wassers ein. So verhält es sich im starren Zustande; im flüssigen findet das Gegentheil statt. Im Allgemeinen findet man sehr angenähert die specifische Wärme einer Salzlösung mittelst der obigen Formel, wenn man darin, statt $c' = 0,56$ zu nehmen, $c' = 1$ setzt.

Das andere Resultat besteht darin, dafs erkaltetes Eis, gebracht in Wasser von strenge 0°, sich in's Unbestimmte mit Eis überzieht. Diefs macht das Verfahren von Clément und Desormes zur Messung der specifischen Wärme des Eises mangelhaft; und in der That findet man durch dasselbe Zahlen so grofs wie man will, 2, 3, 4 Einheiten. Es scheint, als wirke das in das Wasser gebrachte Eis wie ein Krystall in gesättigter Salzlösung; was die aus dem Gefrieren entstehende Wärme betrifft, so geht sie vom Wasser zu dem schmelzenden Eise, welches die Hülle bildet.

XIII. *Ueber die Gränze hoher und tiefer Töne: von Hrn. C. Despretz.*

(*Compt. rend. T. XX, p.* 1214.)

Was hat man unter einem hörbaren Ton zu verstehen? Ist es ein Ton, der irgend eine Wirkung auf das Ohr austübt, oder ist es einer, der in Bezug auf einen andern classificirbar ist?

Wir glauben, dafs jede Reihe langsamer oder rascher Schwingungen, die nicht verglichen werden kann mit einer anderen, einen bestimmten Ton gebenden, z. B. dem *Contra-C* des Violoncells oder Violons, kein Ton, sondern ein dumpfes oder helles Geräusch zu nennen ist.

Wollaston, in seinen Beobachtungen über die für gewisse Ohren unwahrnehmbaren Töne, und Savart, in einer spätern Arbeit über die Gränze der hörbaren Töne, scheinen nicht viel Achtsamkeit gelegt zu haben auf die Nothwendigkeit dieser Unterscheidung, ohne welche, wie mich dünkt, immer einige Verwirrung in dem Gegenstand herrschen wird, über den ich hier einige Beobachtungen vorzulegen die Ehre habe.

In französischen und ausländischen Werken citirt

man die Resultate der Versuche von Sauveur, Wollaston und Savart, so wie die von Chladni und Hrn. Biot angenommenen Zahlen. Betrachten wir zunächst den Zustand der Aufgabe.

»Für ein gesundes Ohr in seinem normalen Zustande, sagt Wollaston, scheint die Fähigkeit der Wahrnehmung von Tönen keine scharfe Gränze zu haben. Wenn man allmälig, in langsamer Fortschreitung, die Zahl der Impulse, welche einen Ton bilden, verringert, so wird man, welche Sorgfalt man auch darauf verwende, nicht leicht den Punkt angeben können, bei dem man einhalten muſs, damit die Töne noch einen musikalischen Effect geben. Deſsungeachtet ist man, wenigstens bei keinem auffallenden Fehler im Ohr, noch empfindlich für Schwingungen, selbst wenn sie schon bloſse Erzitterungen geworden sind, die man durch den Tact vernehmen und fast zählen kann [1]).

Nach Chladni entsprechen die tiefsten, vom Menschenohre vernehmbaren Töne 30 einfachen Schwingungen in der Secunde [2]). Hr. Biot und andere Physiker nehmen die Zahl 32 an, was der tiefste Ton der Orgel ist.

In den *Memoires de l'Académie*, *Ann.* 1700, *p.* 140, wird berichtet, Sauveur habe durch Versuche gefunden, daſs eine Pfeife von 40 Fuſs den tiefsten Ton gebe, den der Mensch noch unterscheiden könne. Wenn das Gesetz der Längen noch für diesen Fall gilt, wenn der erzeugte Ton der Grundton war, so würde das Resultat 25 einfache Schwingungen seyn. Es fehlt aber an Detail, um diese Angabe gehörig beurtheilen zu können; der Ton hätte in Bezug auf einen anderen, wohl bestimmten festgesetzt werden müssen. Ohne diese Bedingung hat der Versuch jenes sinnreichen Akustikers nur einen zweifelhaften Werth.

1) *Philosoph. Transact. f.* 1820, *p.* 133.
2) *Acoustique p.* 6 (Akustik S. 294).

Savart betrachtet noch als musikalischen Ton denjenigen, der in seinem Apparat durch 7 bis 8 Schläge oder 14 bis 16 einfache Schwingungen erzeugt wird[1]).

Der zu diesen Versuchen angewandte Eisenstab hatte eine Länge von etwa 83 Centm., und da ein kürzerer Stab eine bedeutend gröſsere Zahl von Schlägen erfordern würde, so schlieſst der Verfasser, daſs ein Stab von gröſserer Länge als 83 Centm. einen bei geringerer Zahl von Schlägen wahrnehmbaren Ton veranlassen würde. Er wurde dadurch zu dem Glauben geführt, daſs es in der Hörbarkeit tiefer Töne keine Gränze gebe.

Entspränge der gehörte Ton wirklich aus der Zahl von Schlägen des Stabes gegen die Luft, so müſste er sehr tief seyn. Er würde eine Octave unterhalb des Tons einer 32füſsigen Pfeife liegen. Nun aber scheint dieser letztere schon kein musikalischer Ton mehr zu seyn; er besteht aus einer Reihe von Schlägen, einer Art von Trommeln. Auch finden die Erbauer groſser Orgeln bedeutende Schwierigkeit, den ersten Theil der 32füſsigen Octave, ohne Hülfe einer höheren Octave, zu stimmen. Es ist auch zu bemerken, daſs beim Orgelspiel die Stärke der Einblasung fast immer das Vorwalten der Octave bedingt.

Als ich der Einweihung der schönen, von den Herren Cavallier-Coll erbauten Orgel zu St. Dénis beiwohnte, und meine Eindrücke mit denen von Savart angegebenen verglich, kam ich auf den Gedanken, daſs dieser berühmte Akustiker durch die groſse Intensität des Tones seines Apparats vielleicht zu einem Irrthum verleitet worden sey. Ich wurde dadurch zu einigen Versuchen veranlaſst, mehr um mich selbst aufzuklären, als in der Hoffnung, einem schon mit so vieler Geschicklichkeit behandelten Gegenstand etwas Neues abzugewinnen.

Ich habe einige Versuche mit dem Apparat der *Faculté des sciences* wiederholt. Der Stab dieses Apparats ist $0^m,86$ lang und $0^m,031$ dick. Er ist von Holz, bloſs

1) Ann. Bd. 22, S. 596.

an den Enden, an den Kanten, die gegen die Luft schlagen sollen, mit Kupferblech belegt. Ein Eisenstab ist wenig brauchbar; er verzieht und verrückt den Apparat. Wenn man diesen Apparat mit stufenweise vermehrter Geschwindigkeit in Umdrehung versetzt, so hört man bald einen Ton von großer Mächtigkeit; horcht man achtsam auf ihn, so ist est leicht, nach beendigtem Versuch das Unisono auf einem Basse zu nehmen. Man findet dann, daſs bei keinem Versuch der Ton unter das *G* der 16füſsigen Octave (*sol*$_{-1}$) hinabgeht, wenn der tiefste Ton des Basses das achtfüſsige oder groſse *C* ist (*ut*$_1$). Ich machte den Versuch folgweise mit den beiden Brettern, wie Savart sie anwendet, und mit einem oder zwei Brettern und der von Hrn. Marloye hinzugefügten Büchse; allein der Ton änderte sich nur um eine Stufe. Wenn weder Brett noch Büchse vorhanden war, erwies sich der Ton noch fast als derselbe, nur ein wenig höher.

Ich glaubte, daſs wenn der intensive Ton aus den Schlägen des Stabes gegen die zwischen beide Bretter eingeschlossene Luft entstände, er durch Verdopplung der Schläge auf die höhere Octave gebracht werden müſste. Ich bat demnach Hrn. Marloye, Bretter solchergestalt anzubringen, daſs der Stab während jeder Umdrehung zwei Mal durch den Zwischenraum gehe. Dazu bedurfte es nothwendig vier Paare von Brettern, statt eines einzigen, welches sich am urspünglichen Apparat befand. Ohne diese Bedingung würden die Schläge nicht gleichabständig gewesen seyn.

Der tiefste wahrnehmbare Ton des so eingerichteten und mit einem Zähler versehenen Apparats ist das Unisono vom 16füſsigen *G* (*sol*$_{-1}$); ihm entsprechen 96 einfache Schwingungen in der Secunde, wenn dem 8füſsigen *C* (*ut*$_1$) 128 derselben entsprechen.

Wenn die Zahl der Schläge 15 bis 16 betrug, was 31 Schwingungen entspricht, war der von ihnen erzeugte Ton nicht mehr hörbar.

Nun versetzte man den Apparat wieder in den Zu-

stand, in dem er bei Savart's Versuchen war, d. h. man liefs ihm nur Eine Spalte; der tiefste vernehmbare Ton ward dadurch nicht merklich geändert. Er entsprach immer 96 Schwingungen, und dennoch war die Zahl der Schläge auf die Hälfte zurückgeführt, auf etwa 8 in der Secunde, die übrigens recht deutlich waren.

Wenn diese Beobachtungen richtig sind, so ist Savart wahrscheinlich durch die Intensität des Tons seines Apparates irre geleitet. Ich lege hier eine Stimmgabel vor, die das grofse *C* (*ut*$_1$) des Violoncells angiebt, und von Hrn. Marloye auf meine Bestellung für die *Faculté des sciences* angefertigt worden ist. Der Ton dieser grofsen Stimmgabel scheint im ersten Augenblick, selbst geübten Ohren, weit tiefer zu seyn als er wirklich ist.

Ich füge hinzu, dafs der geschickte Verfertiger des Apparats niemals bei Savart's eigenen Versuchen zu hören vermochte, dafs der Ton aus den Schlägen des Stabes entspringe; ebenso erging es Hrn. Cagniard-Latour.

Es entsteht bei diesem Apparat, wie in allen complicirten Apparaten, eine Vielheit von Tönen, indem die Luftmasse, die die Spalte bildenden Bretter, der Riemen u. s. w. in Schwingungen gerathen und verschiedene Töne hervorbringen. Man kann mehre Töne unterscheiden und bestimmen. Hier ist indefs nur von dem tiefsten hörbaren Ton die Rede.

Betrachten wir jetzt die hohen Töne.

Wollaston glaubt, die Stimme der Fledermaus und des Feldheimchens bildeten die Gränze der höchsten vernehmbaren Töne. Er meint, dafs von den tiefsten Tönen der Orgel bis zu den höchsten der Insekten die Schwingungen 6 bis 700 Mal rascher seyen; diefs würde die obere Gränze auf 19000 bis 22000 einfache Schwingungen bringen. Sauveur, in der erwähnten Abhandlung, setzt die höchste Zahl auf 12400. Er gelangte zu diesem Resultat, indem er die Länge einer Pfeife, die

die den höchsten wahrnehmbaren Ton gab, verglich mit der Länge einer Pfeife, deren Grundton 100 Schwingungen in der Secunde entsprach.

Chladni blieb bei 22000 Schwingungen stehen. Savart suchte diese obere Gränze mit gröſserer Genauigkeit, als man vor ihm anwandte, durch mannigfaltige Versuche zu bestimmen [1]). Die von diesem berühmten Physiker erhaltenen Resultate sind folgende:

Die meisten Personen, die seinen Versuchen beiwohnten, konnten den Ton eines kurzen (159 Millim. langen) Glasstabes hören. Dieser Ton entsprach 31000 einfachen Schwingungen. Der Ton eines kürzeren (150 Millim. langen) Stabes, der 33000 Schwingungen entsprach, wurde bald gehört, bald nicht. Stahlstäbe lieferten als Gränze 32000 Schwingungen.

Tönende Pfeifen führten ihn nur auf 20000 Schwingungen. Er stützte sich bei verschiedenen Versuchen, um die Anzahl der Schwingungen zu schätzen, auf das Gesetz der Längen.

Die Anwendung gezahnter Räder erlaubte ihn, die Gränze der hörbaren Töne weiter auszudehnen. Da es hiebei schwierig war, einen Zähler zu gebrauchen, so schätzte er die Schwingungsanzahl mittelst eines Hülfsrades, das mit dem den Ton gebenden Rade auf Einer Axe befestigt war, und eine weit geringere Zahl von Zähnen hatte. So bestimmte er die obere Gränze auf 48000 einfache Schwingungen.

Nach Savart würde also das Menschenohr noch einen Ton von 48000 Schwingungen wahrnehmen können, sobald derselbe eine hinreichende Stärke besitzt.

Ich wollte sehen, bis wie weit das Ohr die Fähigkeit habe, die Töne nicht bloſs zu *hören*, sondern zu *vergleichen*.

Hr. Marloye hatte bereits zwei kleine Stimmga-

1) Ann. Bd. 20, S. 290.

beln für mich gemacht, die das c^{IIII} [1]) (ut_6) der Claviere angeben; sie dienten zu Versuchen über die Interferenz der Töne, deren Resultate noch nicht alle so rein sind, dafs sie vorgelegt werden könnten, obwohl ich mit Hülfe zweier Pfeifen (*sifflets*) abwechselnde Schall- und Ruhelinien bekam, wie man bei dem Versuche mit zwei Lichtspalten abwechselnd helle und dunkle Streifen beobachtet. Er machte mir später Gabeln für c^{V}, c^{VI}, c^{VII}, c^{VIII}. Bei einiger Uebung und Gewohnheit vernimmt das Ohr noch alle diese successiven Octaven. Viele Personen hörten sie gut und hielten sie für Octaven.

Begnügt man sich demnach mit der Octave, welches für das Ohr das angenehmste und zugleich faslichste Intervall ist, so kann man nicht allein Töne bis zu 65536 Schwingungen hören, sondern auch *classificiren*, dabei das grofse C (ut_1) zu 128 Schwingungen genommen. Als man zwischen c^{VI} und c^{VII} eine diatonische Tonleiter gemacht hatte, hörte man in der ganzen Reihe alle Intervalle. Ich behaupte freilich nicht, dafs die Intervalle so genau erkennbar seyen, wie wenn man eine Reihe aus der Mitte der musikalischen Skale nehme; man gelangt dahin erst durch eine lange, mühsame und selbst für das Organ gefährliche Arbeit, denn schon das fortgesetzte Hören veranlafst heftiges Kopfweh. Indefs, wenn man diese Reihe mit Achtsamkeit untersucht, erkennt man, dafs die Quarte zwischen c^{VI} und f^{VI} und die Quinte zwischen f^{VI} und c^{VII} richtig sind. Der vollständige Accord *cegc* ist noch leichter erkennbar.

Ich habe nicht gesucht, eine Octave zwischen c^{VII} und c^{VIII} zu erhalten; man würde nur sehr mühsam dahin gelangt seyn, und überdiefs wäre auch die Anstrengung für das Ohr zu grofs gewesen. Begierig indefs, zu wissen, ob es nicht möglich sey, über c^{VIII}, den Ton von

1) Ich wähle die Bezeichnung c^{IIII} statt der üblichen $\underline{\underline{\underline{\underline{c}}}}$ u. s. w., weil letztere für den Druck höchst ungeschickt ist. *P.*

65536 einfachen Schwingungen, hinauszugehen, bat ich den Künstler, drei solche Stimmgabeln c^{VIII} zu machen, und an jeder einen Stiel von gewisser Länge zu lassen, um ihnen mehr Tonfülle zu geben. Ich hoffte, durch allmälige Verkürzung dieser Stimmgabeln vielleicht auf ein wahrnehmbares Intervall und auf die Octave c^{IX} zu gelangen. Man erreichte das Unisono ziemlich leicht; allein als eine der Stimmgabeln so weit verkürzt wurde, dafs sie beinahe d^{VIII} gab, tönte sie nicht mehr, sobald als man ein wenig abfeilte; sie ertönte abermals, so wie man ihr ihre frühere Länge wieder gab. Niemals war es aber möglich, sie über d^{VIII} hinaus, d. h. über 73700 einfache Schwingungen zum Ertönen zu bringen.

Diese Stimmgabeln gaben, ungeachtet ihrer Kleinheit, einen Ton von bedeutender Stärke; so wurde die Stimmgabel ut^{VII} durch eine Thür und noch im Abstand von einigen Metern gehört. Die Stimmgabel ut^{VIII} wurde von der Mitte des grofsen Amphitheaters der Sorbonne aus bis zu dessen Enden von mehr als 9 Personen unter 10 (*par plus de neuf personnes sur dix*) gehört.

Wenn vorstehende Versuche richtig sind, so folgt:

1) Dafs es gegenwärtig nicht erwiesen ist, dafs das Menschenohr Töne von weniger als 32 einfachen Schwingungen vernehmen und bestimmen könne.

2) Es ist erwiesen, dafs das Ohr Töne von 32 bis 73000 Schwingungen mit mehr oder weniger Schwierigkeit vernehmen und erkennen kann (*entendre*, *apprécier*, *classer*).

Ich füge die Bemerkung hinzu, dafs das Hören sehr hoher Töne nicht so rasch geschieht, dafs man dieselben in die musikalische Skale einführen könnte. Die Instrumentenmacher haben übrigens das Mögliche erreicht, wenn nicht überschritten, wie aus der Prüfung einiger Instrumente zu ersehen ist.

Auf den ausgedehntesten Clavieren entspricht der tiefste Ton dem 16füfsigen *C* (*correspond à* ut_{-1} *ou ut*

16 *pieds ouvert*), und der höchste Ton dem 5gestrichenen *c* (ut_7). Untersucht man näher, so findet man, dafs bei der gröfseren Mehrzahl von ihnen die Hälfte der untersten Octave nichts Bestimmtes darbietet, und die zweite Hälfte der obersten Octave aus klanglosen (*insignifiants*), schwer unterscheidbaren Tönen besteht. Man kann daher dem Claviere eine ganze Octave nehmen, ohne den Werth und die Hülfsquellen dieses so verbreiteten Instruments zu verringern [1]).

Auf dem Contrabafs, wo der tiefste Ton dem 16füfsigen *C* (ut_{-1}) entspricht, sind selbst geübte Künstler genöthigt, den ersten harmonischen Ton mitzugreifen, um den Accord zu erhalten.

In grofsen Orgeln findet man Pfeifen von 32 Fufs an bis zu einigen Linien Länge. Wir haben vorhin gesagt, dafs der Accord der tiefen Töne immer einige Unsicherheit hinterläfst. In mehr als einem Instrumente ist man über die höchsten Töne der Vögel und Insekten hinausgegangen.

Ich erlaube mir hier einige Anwendungen vorzuschlagen, jedoch mit dem Vorbehalt, den meine schwache Competenz mir auferlegt.

Könnte nicht die Heilkunde kleine Stimmgabeln von c^{II} bis c^{VII}, mit oder ohne Resonanzkasten, anwenden, um bei Gehörkrankheiten die wachsende oder abnehmende Empfindlichkeit zu erkennen? [2]) Die

1) Diese Aeufserung hat einen Pianoforte-Fabrikanten, Hrn. Pape, zu einer Reclamation veranlafst, welche Hr. Despretz dahin beantwortet, dafs sein Ausspruch nicht allen, sondern nur den meisten Clavieren gegolten habe. Er erwähnt bei dieser Gelegenheit, dafs Hr. Marloye drei von Hrn. Pape verfertigte Pianoforte's von acht Octaven gesehen, deren hohe Töne zwar schön gewesen, während die der tiefsten Octave aber doch ununterscheidbar (*inappréciables*) geschienen hätten. (*Compt. rend. T. XX, p.* 1477.)

2) Auf diese Frage erwiedert Hr. Bonnafont in einer späteren Nummer der *Compt. rend. T. XX, p.* 1498, dafs er bereits im J. 1832, im damaligen Lehrhospitale zu Algier, dergleichen Anwendungen versucht

Die Wirkung, welche eine Stimmgabel *c* (ut_2) ausübt, wenn sie auf die Stirn oder Brust gesetzt wird, ist vielleicht eine Anzeige von der Wirksamkeit der Anwendung dieses Apparats in der Heilkunde; auf der Stirn bewirkt sie ein Dröhnen (*étonnement*), eine ähnliche Erschütterung wie die, welche ein Sturzbad verursacht.

Sollten nicht Stimmgabeln von mittlerer Gröfse, einzeln oder zu Accorden gestimmt, mit oder ohne Resonanzkasten, durch ihre Verknüpfung mit dem Pianoforte oder mit kleinen Orchestern schöne Wirkungen geben? Eine Reihe von mittleren Stimmgabeln, die ich hier vorlege, und die ich habe construiren lassen, um die Folgereihe der harmonischen Töne einer Saite oder einer offenen Pfeife darzustellen, wird eine Idee von der Schönheit und Reinheit dieser Instrumente geben.

Die grofsen Stimmgabeln *C* und C_1 (ut_1 und ut_{-1}) würden Pedale liefern, die durch Schönheit, Reinheit und selbst durch die Stärke der Töne alles überträfen, was Flöten und Zungenpfeifen leisten können. Man würde durch Accorde zwischen *C* und *c* (ut_1 und ut_2) Effecte erreichen, die in der gegenwärtigen Musik ganz unbekannt sind.

habe. Seiner Angabe nach setzte er anfangs eine tönende a^{II}-Stimmgabel tauben Personen an verschiedenen Stellen auf den Schädel, und bemerkte, dafs sie den Ton an einigen Stellen hörten, an anderen nicht. Darauf versuchte er eine ganze Reihe von Stimmgabeln aus derselben Octave, und beobachtete dabei, dafs da, wo das a^{II} nicht gehört worden, die tieferen Töne sehr deutlich hörbar waren. Manchmal war es schon der nächstfolgende Ton, der nicht mehr gehört wurde, manchmal mufste er zwei bis drei Töne hinabgehen. Er hat auch bemerkt, dafs in dem Maafse die Empfindlichkeit des Ohrs abnimmt, dasselbe die Hörbarkeit für die hohen Töne verliert, während es die tieferen noch deutlich wahrnimmt, es mag nun die Stimmgabel dicht vor das Ohr gehalten oder, wenn die Taubheit weiter vorgerückt ist, auf den Schädel gesetzt werden. Eine Person konnte weder h^{II} noch a^{II} hören, nahm aber e^{II} ziemlich und c^{II} sehr deutlich wahr. Hr. B. glaubt, darnach die Heilbarkeit verschiedener Grade von Taubheit beurtheilen zu können.

Es wäre wünschenswerth, dafs die mit der Errichtung der grofsen Orgeln in der St. Magdalenen- und St. Eustache-Kirche beauftragten Orgelbauer einige Versuche in dieser Beziehung machten. So wie die Sachen jetzt stehen, kann der Organist selber nicht die Stimmgabeln zum Ertönen bringen; allein bis man einen Mechanismus hätte, der mit den Fingern oder Füfsen gespielt würde, wäre es leicht, einen der Bälgentreter einzuüben, dafs er auf ein vom Organisten gegebenes Zeichen die Stimmgabeln ertönen liefse. In einem Orchester würde diefs noch leichter seyn.

Es sind erst wenige Jahre, dafs man die Stimmgabeln in den Orchestern gebraucht, um den Ton anzugeben und die Arbeit des Stimmens zu erleichtern. Als ich bei einem sehr geschickten und geübten Künstler, der bei Hrn. Biot Akustik gehört und an den meisten der Savart'schen Apparate mitgearbeitet hatte, eine Stimmgabel *c* bestellte, mufste er erst einige Probeversuche machen. Gegenwärtig hat Hr. Marloye eine solche Sicherheit erlangt, so dafs er an einer Stimmgabel *C*, so wie sie roh aus dem Gusse kam, die Dicke ganz unverletzt zu lassen, und von der Länge kaum zwei Linien abzunehmen brauchte. Es ist wahrscheinlich die gröfste, die je ausgeführt wurde.

Ich behaupte keineswegs, der Erste zu seyn, der den Wunsch gehegt, Instrumente und Apparate, die bisher nur zu physikalischen Vorlesungen benutzt wurden, in die geistliche und weltliche Musik eingeführt zu sehen. Ich glaube vielmehr, dafs dieser Wunsch Allen überkommen seyn mufs, welche die Töne langer Stahlstäbe, Glocken (*timbres*) und Stimmgabeln mit oder ohne Resonanzkasten gehört haben. Ich wollte blofs den Künstlern Hülfsquellen andeuten, deren Daseyn ihnen unbekannt zu seyn scheint.

Zusatz. Im Vorstehenden haben wir das Ohr als normal vorausgesetzt, in dem Zustande, in welchem es

tiefe und hohe Töne gleich gut wahrnimmt. Diefs ist der Fall bei den meisten Personen. Wir beschäftigen uns hier nicht mit der verschiedenen Hörfähigkeit der beiden Ohren Eines Individuums oder der Ohren verschiedener Individuen. Wir haben die Aufgabe nur auf den einfachsten und, unserer Meinung nach, wichtigsten Fall zurückführen wollen, um sicherer zu einer klaren und sauberen Lösung zu gelangen.

XIV. *Ueber das elektro-magnetische Chronoskop; von Hrn. Wheatstone.*

(*Compt. rend. T. XX, p.* 1554.)

Aus den *Compt. rend.* der Acad. der Wissenschaften ersehe ich, dafs in der Sitzung vom 20. Jan. eine Mittheilung von Hrn. Breguet vorgelesen worden ist, in welcher er Hrn. Capitain v. Konstantinoff und sich selber die Erfindung des elektro-magnetischen Chronoskops zuschreibt[1]), eines Instruments, welches ich vor mehren Jahren erfunden und angefertigt habe, um rasche Bewegungen und besonders die Geschwindigkeit von Geschossen zu messen.

Es war zu Anfange des Jahres 1840, als ich diefs Instrument erfand. Mein Chronoskop bestand damals aus einem Uhrwerk mit Zeiger, der ging oder still stand, je nachdem ein Elektromagnet auf ein Stück weiches Eisen wirkte, es anzog, so wie ein Strom den Schraubendraht dieses Magneten durchlief, oder es losliefs, so wie der Strom aufhörte, ganz wie in meinem elektro-magnetischen Telegraphen, von dem diese Erfindung als eine Ableitung angesehen werden kann. Die Dauer des Stroms

1) Vergl. Ann. Bd. 64, S. 459.

wurde sonach durch die Gröſse des von jenem Zeiger durchlaufenen Bogens gemessen.

Zwischen der Dauer des Stroms und der der Bewegung des Geschosses war auf folgende Weise eine Beziehung errichtet. Ein Holzring umfaſste die Mündung einer geladenen Kanone, und ein ausgespannter Metalldraht verband zwei gegenüberliegende Punkte dieses isolirenden Ringes, ging somit vor dem Lauf querüber. In einer gehörigen Entfernung war ein Ziel aufgestellt, solchergestalt, daſs die geringste Bewegung, die ihm eingeprägt ward, eine kleine Metallfeder mit einem anderen Metallstück in bleibende Berührung setzte. Der Metalldraht des Elektromagneten war an einem Ende mit einem der Pole einer kleinen Volta'schen Batterie verknüpft, und am anderen Ende des Elektromagneten waren zwei Metalldrähte befestigt, von denen der eine zu der kleinen Feder des Ziels, und der andere zu einem der Enden des vor der Kanonenmündung ausgespannten Drahtes führte. Vom andern Pol der Batterie gingen ebenfalls zwei Drähte aus, von denen einer zu dem festen Unterstück des Ziels und der zweite zum andern Ende des vor dem Kanonenlauf ausgespannten Drahtes führte. Somit war, vor dem Abfeuern der Kanone, zwischen dieser und dem Ziele eine ununterbrochene Drahtschlieſsung hergestellt, von welcher der Draht vor der Mündung der Kanone einen Theil ausmachte. So wie die Kugel an das Ziel schlug, war die Kette abermals geschlossen; aber während das Geschoſs durch die Luft flog, und nur während dieser Zeit, waren die beiden Schlieſsungen unterbrochen, und die Dauer dieser Unterbrechung ward durch's Chronoskop angezeigt.

Schon hatte ich durch meinen elektro-magnetischen Telegraphen gezeigt, daſs die Magnete, bei zweckmäſsiger Vorrichtung, durch eine sehr schwache Batterie zur Wirksamkeit gebracht werden können, selbst wenn die Drahtschlieſsung eine Länge von mehren (engl.) Meilen

hat. Folglich können Kanone, Ziel und Chronoskop beliebig weit von einander aufgestellt werden. Vermöge der grofsen Schnelligkeit, mit welcher, wie meine Versuche in den *Philosophical Transactions f.* 1834 beweisen [1]), die Elektricität fortgepflanzt wird, kann aus ihrer Bewegung kein merkbarer Fehler entspringen.

Während eines Besuchs, den ich Brüssel im September 1840 abstattete, beschrieb ich diesen Apparat meinem Freunde, Hrn. Quetelet, der darüber am 7. October der dortigen Academie der Wissenschaften eine Mittheilung machte, deren auch im *Bulletin* von jener Sitzung erwähnt ist.

Bei einem späteren Aufenthalte in Paris (Mai 1841) erklärte und zeigte ich in Abbildungen diesen Apparat mehren Mitgliedern der Pariser Academie der Wissenschaften, die zu mir nach dem *Collége de France* gekommen waren, wo ich, durch die Gefälligkeit des Hrn. Regnault, Gelegenheit erhalten hatte, vor mehren von ihnen meine elektro-magnetischen Versuche zu wiederholen. Unter ihnen war auch Hr. Pouillet gegenwärtig, der mich um die Erlaubnifs bat, meine Zeichnungen copiren zu dürfen, was ich bereitwillig zugestand. Im verflossenen December erfuhr ich von ihm, dafs diese Zeichnungen noch in seinem Besitze seyen.

Bei meiner Rückkehr nach England hegte mein Freund Chapman, Capitain in der Königl. Artillerie [2]), überzeugt von dem Nutzen dieses Instruments, den Wunsch, dafs es bei der Artillerie zu Woolwich eingeführt werde, und gab

1) S. Ann. Bd. 34, S. 464.

2) Schon seit langer Zeit unterhielt ich mit dem Capitain Chapman einen Briefwechsel über diesen Gegenstand. In einem seiner Briefe, vom 27. August 1840, nachdem er mir seine Ansichten über die Ausführungsweise dieser Versuche mitgetheilt, sagt er: „Wir werden somit die Geschwindigkeit des Geschosses in jedem Querschnitt seiner Bahn erhalten, und ich wage zu glauben, dafs wir zu einer Kenntnifs von der Wirkung der Schwerkraft auf das Geschofs gelangen, die weit genügender ist als Alles, was man bisher erhalten hat.

sich viel Mühe, diefs zu erlangen. Wir hatten zu dem Ende mit dem verstorbenen Lord **Vivian**, damals Chef der Artillerie (*Master general of Ordnance*, Generalfeldzeugmeister), eine Unterredung, und am 17. Juli 1841 setzte ich in der K. Artillerieschule die Construction und verschiedenartigen Anwendungen des Instruments auseinander. Zweiundzwanzig Officiere wohnten dieser Sitzung bei, von welcher das Protokoll (das ich noch besitze) sagt, dafs mein Chronoskop $\frac{1}{7300}$ Secunde anzeigte, und dafs mein Zweck wäre, die Anwendung desselben zum practischen Gebrauche zu zeigen, d. h. »zur Bestimmung der Zeit, die ein Geschofs zur Durchfliegung verschiedener Stücke seiner Bahn gebraucht, und zu der seiner Anfangsgeschwindigkeit.«

In derselben Sitzung zeigte ich »ein Chronoskop, bestimmt zur Messung der Geschwindigkeit von Blitzen, wie sie durch Entzündung von Schiefspulver erzeugt werden.« Diefs Instrument, das einzige, welches Hr. **Breguet** mir zuschreibt, hatte nichts mit elektrischen Strömen gemein, wie er es voraussetzt. Es war nichts als eine Reihe von Rädern, die auf drei Axen leichte Papierscheiben, jede von etwa 1 Zoll Durchmesser, trugen. Die Umlaufszeiten derselben verhielten sich wie 1 : 10 : 100, und es machte also die am schnellsten umlaufende Scheibe 200 Umdrehungen in der Secunde. Auf jeder Scheibe war ein Radius gezogen. Wenn sie vom elektrischen Funken beleuchtet wurden, erschienen alle diese Radien in Ruhe, und zwar wegen der aufserordentlich kurzen Dauer dieses Lichts (wie in meiner Abhandlung: *Ueber die Geschwindigkeit der Elektricität und die Dauer des elektrischen Lichts, Philosoph. Transact. f.* 1834[1]) auseinandergesetzt ist); wenn sie aber von einem Blitz, dessen Dauer ein Zweihundertel einer Secunde betrug, beleuchtet wurden, so erschien die dritte Scheibe in gleichförmigem Farbenton, während die zweite Scheibe einen

1) Ann. Bd. 34, S. 464.

Schattensector von 36° zeigte. Wenn der Blitz nur ein Zweitausendstel einer Secunde dauerte, kam auf der dritten Scheibe ein ähnlicher Sector zum Vorschein.

Aus mehren Gründen wurden meine Versuche mit dem elektro-magnetischen Chronoskop nicht fortgesetzt zu Woolwich. Im J. 1842 machte ich die Bekanntschaft von Hrn. v. Konstantinoff, Artillerie-Hauptmann in der K. Russ. Garde und Adjutant des Generals v. Winspaer. Er nahm viel Interesse an dieser Angelegenheit, bezeugte lebhaft den Wunsch, einen vollständigen Apparat zu besitzen, um bei seiner Rückkehr nach Rufsland eine solche Reihe von Versuchen zu unternehmen, wie ich beabsichtigt hatte. Da ich selbst nicht Zeit hatte, diese Versuche zu verfolgen, und da in England keine geschicktere oder besser hiezu gestellte Person einen Wunsch zu deren Fortsetzung zeigte, so willigte ich gern ein, hoffend, dafs daraus einige wichtige Resultate für die Wissenschaft hervorgehen möchten. Die einzige Bedingung, die ich zu meiner Einwilligung machte, war die: dafs Hr. v. Konstantinoff keine Beschreibung von dem Apparat veröffentliche, bevor ich selbst es nicht gethan hätte. Das Instrument, welches ich Hrn. v. Konstantinoff lieferte, und welches im Januar 1843 nach Paris an ihn abgesandt wurde, war anders als das zuvor beschriebene construirt, doch im Wesentlichen nach demselben Princip.

Ich fand durch Versuche, dafs wenn ein Stück weiches Eisen durch einen Elektromagneten angezogen worden war, und der Strom alsdann aufhörte, dasselbe, obwohl es sogleich abzufallen schien, doch noch eine Zeit hindurch im Contact blieb, die mehrmals einen bedeutenden Bruch von einer Secunde betrug. Die Dauer dieser Adhärenz nahm zu mit der Stärke des Stroms und mit der Schwäche der Reactionsfeder. Um sie auf ein Minimum zurückzuführen, war es nöthig, einen sehr schwachen Strom anzuwenden und den Widerstand der Kette

so weit zu vermehren, dafs die Anziehungskraft des Magneten nur noch um eine sehr geringe Gröfse die Reactionskraft übertraf. Allein alsdann hatte der Magnet nicht Kraft genug, das Eisen anzuziehen, wann das Geschofs an das Ziel schlug. Indefs überwand ich die Schwierigkeit auf folgende Weise:

Ich ordnete die Drähte der Schliefsung so an, dafs, bevor die Kugel aus der Kanone flog, der Strom eines einzigen, sehr kleinen Elements, der mittelst eines auch in die Kette eingeschalteten Rheostats [1]) gehörig abgeglichen war, auf den Elektromagneten wirkte, dafs aber, wenn die Kugel an's Ziel schlug, sechs Elemente, ohne den Widerstand des Rheostaten, zugleich auf denselben wirkten. Allein selbst bei dieser Vorrichtung, wiewohl sie bis zu einem gewissen Grade wirksam war, ging noch Zeit verloren, sowohl während der Anziehung des Eisens durch den Magnet, als auch während seiner Adhärenz nach Aufhebung des Stroms. Der Unterschied dieser beiden Fehler machte Approximationen von $\frac{1}{500}$ bis $\frac{1}{1000}$ Secunde ganz unsicher. Indefs kann der aus dieser Quelle entspringende Fehler leicht bis auf weniger als $\frac{1}{60}$ oder $\frac{1}{100}$ Secunde reducirt werden, und meiner Meinung nach ist ein Chronoskop, welches die Secunde in 60 Theile theilt, und erweislich niemals zu einem Fehler gröfser als ein solcher Theil Anlafs giebt, vorzüglicher als ein Instrument, welches kleinere Theile zu messen verspricht, aber dabei Fehler von einer guten Anzahl dieser Theile macht.

Geleitet von diesen Erfahrungen, ward ich in Stand gesetzt, ein sehr einfaches und sehr wirksames Chronoskop zu construiren. Ein sehr einfaches Echappement wurde bewegt durch ein Gewicht; dieses hing an dem Ende eines Drahtstücks, welches auf einem an der Axe eines Hemmrades befestigten Cylinder zu einer hohlen Schraube aufgewickelt war. An dieser Axe war auch ein Zeiger angebracht, welcher also bei jeder Auslösung einen

1) Ann. Bd. 62, S. 508.

Theilstrich vorrückte. Wenn es nöthig war, die Zeit des Versuches zu verlängern, wurden das Hemmrad und der Cylinder auf zwei verschiedenen Axen angebracht, und durch ein Getriebe und ein gezahntes Rad mit einander verknüpft; in diesem Fall waren zwei Zeiger angebracht. Mittelst dieser Construction vermeidet man die Beschleunigung der Bewegung, welche stattgefunden hätte, wenn kein Echappement dagewesen wäre, und der Zeiger durchsprang jede Abtheilung in gleicher Zeit. Das Gewicht war so eingerichtet, dafs es sich reguliren liefs; und der Werth einer Abtheilung wurde erhalten, indem man die Zeit des ganzen Falls dividirte durch die Anzahl der während derselben durchsprungenen Abtheilungen. Allein es lassen sich noch genauere Methoden anwenden.

Mittelst dieses Instruments mafs ich die Zeit, welche eine Pistolenkugel bei verschiedenen Ladungen zur Durchfliegung verschiedener Weiten gebrauchte. Die Wiederholung dieser Versuche gab leidlich constante Resultate, einen Unterschied von mehr als einer Abtheilung des Chronoskops [1]). Ich mafs auch den Fall einer Kugel von verschiedenen Höhen herab, und das Gesetz der beschleunigten Geschwindigkeiten ergab sich mit mathematischer Strenge. Mit dem Apparat, dessen ich mich zu diesem letzteren Versuch bediente, konnte ich den Fall einer Kugel, von der Höhe eines Zolls herab, messen. Es würde ohne Zeichnungen schwer seyn, eine Idee von den verschiedenen Einrichtungen zu geben, die ich wählte, um das Instrument zu verschiedenen Reihen von Versuchen anwendbar zu machen; allein ich kann erwähnen, dafs ich unter andern vorhabe, dasselbe zur Messung der Geschwindigkeit des Schalls in Luft, in Wasser und in festem Gestein anzuwenden, und eine Annäherung erwarte, wie man sie bisher noch nie erhalten hat.

Aufser dem Instrument, welches ich Hrn. v. Kon-

1) Diese Versuche, denen Sir James South und der berühmte Waffenschmied Hr. Purday beiwohnten, geschahen im October 1842 auf dem Grundstück der Sternwarte zu Camden-Hill.

stantinoff im April 1843 lieferte, liefs Hr. Prof. Christie eins für das physikalische Cabinet der Militär-Academie zu Woolwich anfertigen, und ein anderes wurde um dieselbe Zeit für Hrn. Addams gemacht, der sich desselben seitdem beständig bei seinen Vorlesungen im *United service Museum* bediente.

Eine für gewisse Versuche wichtige Abänderung des Apparats will ich noch erwähnen. Sie besteht darin, dafs man, statt die Kette zu öffnen und wieder zu schliefsen, wie zuvor gesagt, den Elektromagneten mittelst zwei gleicher und entgegengesetzter Ströme in Gleichgewicht hält, und darauf den ersten und den zweiten Strom unterbricht. Der zweite Strom wird durch eine Kugel unterbrochen, die einen Rahmen durchfliegt, der in parallelen, dicht zusammen liegenden Linien mit einem in der Kette befindlichen, sehr feinen Metalldraht überzogen ist. Diese Vorrichtung liefert die Mittel zur Anwendung eines von dem ersten ganz verschiedenen Chronoskop. Zwei Pendel, von denen das eine halbe Secunden schlägt, und das andere einen etwas schnelleren Gang hat, werden jedes an dem Ende ihres Schwingungsbogens durch einen Elektromagneten gehalten. Wann die Kugel aus dem Gewehr fliegt, wird das eine Pendel in Freiheit gesetzt, und wann sie den Metalldraht des Rahmens zerreifst, geschieht es mit dem andern. Man zählt alsdann die Schwingungen eines der Pendel, bis seine Bewegung mit der des andern zusammen fällt, und hienach bestimmt man leicht die Zeit, welche die Anfänge der ersten Schwingungen beider Pendel trennte.

Die Instrumente, welche ich wirklich construirte, hatten keinen andern Zweck, als die Zeit zwischen dem Anfange und dem Ende der Bewegung einer abgeschossenen Kugel anzugeben. Hr. v. Konstantinoff wünschte ein Instrument zum Messen der Zeit, die den successiven Stücken der Bahn entspräche. Obgleich ich damals glaubte, und noch jetzt glaube, dafs es besser sey, sie mittelst

successiver Schüsse zu bestimmen, so erdachte ich doch einen Apparat zu diesem Behufe, aber ich unternahm die Construction desselben nicht, wegen seines hohen Preises und seiner grofsen Zusammengesetztheit, obwohl dasselbe häufig der Gegenstand unserer Unterredungen war. Nach seiner Abreise von England und während seines Aufenthalts in Paris wandte sich Hr. v. Konstantinoff zur Verwirklichung seiner Ideen später an Hrn. Breguet, um von der Geschicklichkeit und dem Erfindungstalent dieses Künstlers zu profitiren. Ich bin vollkommen überzeugt, dafs Hr. v. Konstantinoff niemals die Absicht hatte, sich diese Erfindung zuzuschreiben, und dafs es ganz ohne seine Genehmigung und sein Vorwissen geschah, dafs Hr. Breguet es that [1]).

Was das von Hrn. Breguet beschriebene Instrument betrifft, so halte ich es für viel weniger genau, für viel complicirter und kostspieliger, als irgend eins der zuvor von mir erfundenen. Blofs wenn es die Anfangs- und die Endgeschwindigkeit einer Kugel bestimmen soll, ist das Instrument des Hrn. Breguet mit fünf Elektromagneten und deren Mechanismen versehen, wogegen das meinige dasselbe Resultat mit einem einzigen Elektromagnet erreicht; und wenn die verschiedenen Stücke einer Trajectorie untersucht werden sollen, schlägt Hr. Breguet noch einen Hülfsmagnet vor, und macht andere Zusätze zu jeder der Scheidewände, welche die Kugel durchschlagen mufs. Wäre Herr Breguet besser von den Mitteln unterrichtet gewesen, durch welche ich eine Reihe successiver Messungen an einer selben Trajectorie erhalten mufste, so würde er gefunden haben, dafs das, was er, selbst mit einem Dutzend Elektromagnete, zu erhalten

1) Bevor Hr. v. Konstantinoff London verliefs, gab er mir ein Schreiben, vorin es unter andern heifst: „Da Hr. Wheatstone die Gefälligkeit gehabt, für mich ein von ihm erfundenes Instrument zur Messung des Falls der Körper, der Anfangsgeschwindigkeiten von Geschossen anfertigen zu lassen, so mache ich mich verbindlich u. s. w.“

suchte, auf eine wirksamere Weise mit einem einzigen zu erhalten seyn würde. Mein Plan war folgender:

Ein Cylinder dreht sich um eine Schraube, solchergestalt, dafs er bei jedem Umgang einen Viertelzoll vorrückt; an einem Ende des Cylinders sitzt ein gezahntes Rad von etwas gröfserem Durchmesser als der Cylinder; dasselbe greift in ein Getriebe, dessen Länge gleich ist dem ganzen Axenstück, um welches der Cylinder bei seisen successiven Umdrehungen sich verschiebt. Das Getriebe ist verbunden mit dem Räderwerk, welches in Bewegung gesetzt wird durch ein Gewicht; letzteres hängt an einem Faden, der sich um einen Cylinder schlingt; und das Räderwerk ist versehen mit einem Regulator, der die Bewegung abgleicht. Ein Bleistift, befestigt am Ende eines kleinen Elektromagneten, wird mit dem Cylinder in Contact gehalten, und zieht darauf eine Schraubenlinie, die jedesmal unterbrochen wird, wenn der Strom aufhört.

Ich entlehnte die Idee zum chronoskopischen Theil dieses Apparats von einem zur Messung sehr kleiner Zeiträume bestimmten Instrument, welches von dem verstorbenen Thomas Young erfunden, und in seinen *Lectures on Natural philosophy* abgebildet ist. Man wird nach dem bereits Angeführten leicht begreifen, auf welche Weise Anfang und Ende der Bewegung eines Geschosses durch dieses Instrument angezeigt werden. Die intermediären Perioden werden auf folgende Weise registrirt. An den festgesetzten Punkten der Bahnlinie des Geschosses errichtet man Rähme, überzogen mit einem Netz von Metalldraht; das Geschofs zerreifst die Drähte, indem es durch die Rähme fliegt; man gebraucht so viele Volta'sche Batterieen als es Paare von Rähmen giebt, deren Drähte übrigens mit den Polen dieser Batterien und mit dem Draht des Elektromagneten verknüpft sind, dergestalt, dafs der elektrische Strom den Schraubendraht des Elektromagneten durchläuft oder zu durchlaufen auf-

hört, je nachdem das Gleichgewicht durch das successive Zerreifsen der Drähte auf den Rähmen abwechselnd zerstört oder wiederhergestellt ist. Um dieses Resultat zu erhalten, ist es nöthig, dafs der Widerstand der verschiedenen Drähte in gehöriges Verhältnifs gebracht worden sey.

Schliefslich füge ich noch hinzu, dafs die Anwendung meines elektro-magnetischen Telegraphen, um damit die Zahl der Umdrehungen einer Maschine oder irgend einer anderen periodischen Bewegung aus der Ferne zu registriren, schon seit mehren Jahren von mir unter sehr verschiedenartiger Form ausgeführt worden ist. Einen Apparat dieser Art, der bis auf zehn (engl.) Meilen registrirt, sieht man seit 1840 im physikalischen Cabinet des *Kings-College*, und ich zeigte ihn Hrn. v. Konstantinoff während seines Aufenthalts in London[1]).

XV. *Von den Gesetzen der elektro-chemischen Zersetzung; von Hrn. E. Becquerel.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III, T. XI, p.* 162 *et* 257.)
Freier Auszug.

Faraday hat gezeigt, dafs wenn ein und derselbe elektrische Strom durch Auflösungen verschiedener Metalle geleitet wird, die an den negativen Polen abgeschiedenen

1) Obiger, für Hrn. Breguet eben nicht schonend geschriebener Aufsatz hat von Seiten Dieses zu einer Erwiederung Anlafs gegeben, aus der wir hier nur den Umstand hervorheben wollen, dafs derselbe sagt, er habe Hrn. Wheatstone, als er sich im December 1844 in Paris aufgehalten, eine detaillirte Zeichnung von seiner Maschine gezeigt, ohne dafs der englische Physiker sich irgend wie eine Bemerkung erlaubte (*Compt. rend. T. XX, p.* 1712). Wir können natürlich in dieser Angelegenheit keinen Urtheilsspruch wagen; es scheint uns indefs, dafs wenn Hr. v. Konstantinoff ein Recht hatte, eine von Hrn. Wheatstone angeregte Maschine anfertigen zu lassen, auch

Metallmengen im Verhältnifs der chemischen Aequivalente stehen. Zugleich stellt er es als Grundsatz auf, dafs unter den verschiedenen Verbindungen, die zwei Elemente mit einander eingehen können, nur diejenige vom Strom zersetzt werde, die aus gleich viel Aequivalenten von jedem besteht (dafs »die elementaren Jonen nur in gleich viel elektro-chemischen Aequivalenten, und nicht in Multiplis derselben zu den Elektroden gehen können«) [1]).

Späterhin, im J. 1839, hat es Matteucci durch ein Paar flüchtige Versuche wahrscheinlich gemacht [2]), dafs dieser Satz nicht allgemein sey. Er unterwarf Antimonchlorid, Kupferchlorür und Kupferchlorid, das erstere in geschmolzenem Zustand, die beiden anderen (weil sie, geschmolzen, das ausgeschiedene Metall angreifen) respective in Salzsäure und Wasser gelöst, successiv der Wirkung eines Stroms, in dessen Bahn zugleich ein Voltameter eingeschlossen war. Er fand, dafs nicht nur alle drei Verbindungen zersetzt wurden, sondern auch, dafs, gegen ein Aequivalent Wasser, respective $\frac{1}{3}$ Aeq. Antimon, 2 und 1 Aeq. Kupfer niedergeschlagen ward.

Diese Angaben haben Herrn Becquerel jun. zu einer weiteren Verfolgung des Gegenstandes Anlafs gegeben.

Das dazu angewandte Verfahren war folgendes: In ein Paar Fällen wurde die zu zerlegende Substanz im

Hrn. Breguet kein Vorwurf daraus erwachsen kann, die Ausführung übernommen zu haben. Ein Anderes mag es seyn mit der Frage über die Veröffentlichung der Beschreibung; allein diese wurde durch einen analogen Aufsatz des Hrn. Pouillet veranlafst; und Hrn. Pouillet, wenn er auch ganz unabhängig auf die Idee seines Zeitmessers verfallen seyn sollte, ist wenigstens vorzuwerfen, dafs er, der doch Hrn. Wheatstone's Zeichnungen gesehen hat (S. 453), mit keiner Sylbe desselben erwähnt, während Hr. Breguet der Verdienste des englischen Physikers in allen Ehren gedenkt (vergl. Ann. Bd. 64, S. 452 und 459). *P.*

1) S. Ann. Bd. 33, S. 498.

2) *Bibl. univers. Ser. Nouv. T. XXI, p.* 153.

geschmolzenen Zustande angewandt, in einem Tiegel, in welchen beide Elektroden hinabreichten. In den meisten Fällen wurde sie indeſs in einer schicklichen Flüssigkeit gelöst, und dann befand sie sich in zwei durch einen Heber verbundenen Gefäſsen, deren jedes eine der Elektroden aufnahm. Die negative Elektrode war insgemein von Platin, die positive bald von diesem, bald von jenem Metall. War die Lösung von der Art, daſs sie durch die Luft eine Zersetzung erlitt, so stand sie unter einer Glocke mit Hahn, die ausgepumpt oder mit einer unschädlichen Gasart gefüllt werden konnte, und durch zwei seitliche Durchbohrungen die Verbindungsdrähte durchlieſs; letztere reichten in Quecksilbernäpfe hinab, die mit den Elektroden verknüpft waren [1]). Auſser diesem Zersetzungsapparat war ein Voltameter in die Bahn des Stroms eingeschaltet, der gewöhnlich durch eine kleine Batterie von 30 schwach geladenen Elementen hervorgebracht ward. Meistens wurden während der Metallfällung 0,5 bis 2,0 C. C. Gas pro Minute im Voltameter entwickelt. Aus dem Volum desselben wurde die zersetzte Wassermenge berechnet, dabei angenommen, daſs 1 Kubikcentm. Knallgas bei 0° und 0m,76 = 0,537 Milligrammen Wasser sey.

Zuvörderst wurden binäre Verbindungen und zwar *Chlormetalle* untersucht. Nachstehendes waren die Resultate einer ersten Reihe.

		Gelöst in	Zersetztes Wasser. Millgrm.	Gefälltes Metall berechnet. Millgrm.	Gefälltes Metall gefunden. Millgrm.
Zinnchlorür	$SbCl_2$	Wasser	3,81	24,9	25,0
Silberchlorid	$AgCl_2$	Ammoniak	1,29	15,5	16,5
Eisenchlorür	$FeCl_2$	Wasser	1,5	4,6	5,0
Kupferchlorür	Cu_2Cl_2	Salzsäure	1,93	6,78	13,5
Antimonchlorid	$SbCl_3$	dito	11,0	78,8	51,5
dito zweiter Versuch		dito	1,29	9,2	6,0

1) Zweckmäſsiger wäre es wohl, die Verbindungsdrähte durch den Teller gehen zu lassen. Man kann dann, ehe man die Glocke darüber

Die Rechnungen in der 4ten Spalte sind, mit Zugrundlegung der Berzelius'schen Atomgewichte, unter der Voraussetzung geführt, dafs die gefällte Metallmenge der zersetzten Wassermenge aequivalent sey.

Diese Voraussetzung zeigt sich nur bewährt bei den drei ersten Verbindungen oder bei denen von der Form RCl_2. Dagegen gab das Kupferchlorür, eine Verbindung von der Form R_2Cl_2, zwei Mal so viel, und das Antimonchlorid, eine Verbindung von der Form RCl_3, zwei Drittel so viel (nicht ein Drittel so viel, wie Matteucci gefunden) als es jene Voraussetzung haben will.

Das letztere Resultat bestätigte sich auch einigermafsen bei einem Versuch mit geschmolzenem Antimonchlorid; doch wurden dabei nicht ganz $\frac{2}{3}$ Aequivalent Antimon erhalten, weil das fliefsende Chlorid ein Theil des gefällten Metalls löste.

Reducirt man den Metallgehalt obiger drei Arten von Chloriden auf einen gleichen Chlorgehalt, so sieht man, dafs sie auf Cl_2 respective enthalten: 1, 2 und $\frac{2}{3}$ Aeq. Metall. In demselben Verhältnifs standen die gefällten Metallmengen. Daraus geht also hervor, dafs in allen jenen Fällen eine gleiche Menge Chlor, nämlich Cl_2, gegen 1 Aeq. zersetzten Wassers, zum positiven Pole geführt, auftrat.

Dieses Gesetz erhielt eine fernere Bestätigung durch folgende Versuchsreihe, bei welcher das Verfahren in so fern verschieden war, als dabei nicht das gefällte Metall, sondern das ausgeschiedene Chlor bestimmt ward, und zwar durch den Verlust, welchen die aus Kupfer bestehende positive Elektricität erlitt.

setzt, den Apparat vollständig aufbauen, und ist der unbequemen Quecksilbernäpfe überhoben. *P.*

Chlormetall.	Gelöst in	Kupferverlust d. positiven Elektrode. Millgrm.	Ausgeschiedene Chlor gefunden. Millgrm.	Ausgeschiedene Chlor berechnet. Millgrm.	Zersetztes Wasser. Millgrm.
Kupferchlorid $CuCl_2$	Wasser	23	12,9	11,1	2,83
Eisenchlorid $FeCl_3$	dito	18	10,0	9,2	2,34
Zinnchlorid $SnCl_4$	dito	16	9,0	9,2	2,34
Antimonhyperchlorid $SbCl_5$	Weinsäurelösung.	24	13,2	13,5	3,44

Das in der Voraussetzung einer Aequivalenz mit dem Wasser berechnete Chlor stimmt hier in allen Fällen mit dem beobachteten, obwohl nur eine der Verbindungen, das Kupferchlorid, zu gleichen Aequivalenten aus den Bestandtheilen zusammengesetzt ist.

Jod- und *Brommetalle* führten zu demselben Resultat, doch giebt Hr. B. darüber keine Details.

Dagegen zeigt er wieder speciell an *Oxyden* die Richtigkeit des obigen Satzes. Er löste *Kupferoxydul* und *Kupferoxyd*, jedes für sich, in Ammoniakflüssigkeit, und verschlofs die Flasche luftdicht mittelst eines Korks, der die positive Kupfer- und die negative Platinelektrode hindurchliefs. Zugleich mit einer dieser Lösungen war in den Kreis der Kette, die nur aus einem Zink-Kupfer-Element bestand, eine Lösung von salpetersaurem Kupferoxyd eingeschaltet, die als Voltameter diente. Diese Versuche, deren jeder mehre Stunden dauerte, gaben folgende Resultate.

	Ausgeschiedenes Metall im Voltameter. Millgrm.	Ausgeschiedenes Metall in der Ammoniakflüssigkeit. Millgrm.
Kupferoxydul Cu_2O	15,	30
dito zweiter Versuch	2,5	5
Kupferoxyd CuO	106	107

Die letzte binäre Verbindung, welche Hr. B. untersuchte, war das *oxydirte Wasser.* Er bestimmte dabei nur den Sauerstoff, indem der Wasserstoff, da er sich theilweise mit dem Sauerstoff dieser Verbindung wieder zu Wasser vereint, keine genaue Bestimmung zuläfst. Als positive Elektrode diente ein Platindraht, der bis auf ein kleines Stück in eine J-förmige Röhre eingeschmelzt war, also nur mit diesem Stück die Flüssigkeit berührte, und von einer kleinen graduirten Glocke überstülpt war. Ein Trogapparat von 30 schwach geladenen Elementen lieferte den Strom, in dessen Kreis zugleich ein Voltameter eingeschaltet war. So entwickelten sich folgende Gasmengen:

	Oxydirtes Wasser.	Gewöhnliches Wasser.	
	Sauerstoff.	Sauerstoff.	Wasserstoff.
Erster Versuch	18,5 Vol.	9,3 Vol.	18,6 Vol.
Zweiter Versuch	26,0 -	13,2 -	26,3 -

Hier scheint das obige Gesetz nicht Stich zu halten, da von dem negativen Element (Sauerstoff) doppelt so viel aus dem oxydirten Wasser als aus dem gewöhnlichen entwickelt worden war; diese Thatsache glaubt indefs Hr. B. auf folgende Art erklären zu können.

Er nimmt an, das oxydirte Wasser sey ein Sauerstoffhydrat, entsprechend der Formel H^2O+O, und es werde zersetzt, wie es Daniell für die wasserhaltige Schwefelsäure $=H_2O+SO_3$ annimmt[1]). Wie man bei

1) Der Verf. sagt, Daniell habe beobachtet, dafs wenn man die Zersetzungsstelle durch eine Scheidewand theile, und nur einen schwachen Strom anwende, *keine Gasentwicklung* stattfinde, und blofs Schwefelsäure zum positiven Pol geführt werde. Es ist mir nicht bekannt, dafs (der leider kürzlich der Wissenschaft durch den Tod entrissene) Daniell diese Beobachtung gemacht, wohl aber die, dafs Wasserzersetzung und Säurefortführung (wenigstens bei gehöriger Stromstärke) gleichzeitig erfolgen, jedoch nicht in aequivalenten Mengen, sondern in dem Verhältnifs von 1 Aeq. zu ¼ Aeq. (S. Ann. Ergänzungsband, S. 573.) *P.*

dieser am positiven Pol H_2 und am negativen SO_3+O erhalte, so zerfalle das oxydirte Wasser in H_2 und $O+O$, d. h. O_2. Wenn übrigens diese Erklärung nicht richtig sey, fügt er hinzu, so bilde das oxydirte Wasser die einzige Ausnahme von dem oben aufgestellten Gesetz.

Hr. B. geht nun zu den *Salzen der Metalloxyde* über. Die aus gleichen Aequivalenten Säure und Base bestehenden geben bekanntlich an den respectiven Polen 1 Aeq. Metall und 1 Aeq. Sauerstoff (aufser Säure), dabei dem Faraday'schen Gesetze folgend, wonach das Metall aequivalent ist dem Wasserstoff des zugleich in der Kette zersetzten Wassers.

Hr. B. hält dafür, es sey am wahrscheinlichsten, dafs diese Salze die Zusammensetzung $AO+R$ haben (wo A die Säure und R das Metall bedeutet), und bei ihrer Elektrolysirung das R an dem einen Pol auftrete, das AO dagegen an dem andern, woselbst es dann in A und O zerfalle [1]).

Er vermuthete, diese Ansicht liefse sich auch auf jedes Oxydulsalz übertragen; es würde $AO+R_2$ seyn, während ein Oxydsalz desselben Metalls die Zusammensetzung $AO+R$ hätte; und darnach stände zu erwarten, dafs bei der Elektrolyse das erstere doppelt so viel Metall am negativen Pol absetzte als letzteres.

Und wirklich fand Hr. B. dieses bestätigt. Er nahm eine Auflösung von *unterschwefligsaurem Kupferoxydul* (bereitet, bei Ausschlufs der Luft, durch Digestion von kohlensaurem Kupferoxyd mit einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron), und brachte sie nebst einer Lösung von salpetersaurem Kupferoxyd in den Kreis einer schwach geladenen Kette. Die negativen Elektroden waren von Platin, die positiven von Kupfer. Nach einigen Stunden waren gefällt:

1) Das ist bekanntlich eine Ansicht, die zuerst von Daniell aufgestellt und durch zahlreiche Versuche unterstützt worden ist. S. Ann. Ergänzungsbd. S. 583.

aus dem Oxydulsalz 53 Millgrm. Kupfer
- - Oxydsalz 26 - -

Aehnlich wie die Oxydulsalze verhalten sich *basische Salze*. Hr. B. wählte die beiden von Péligot entdeckten *untersalpetersauren Salze*, die bei Reaction von Blei auf salpetersaures Bleioxyd entstehen [1]), und im krystallisirten Zustande die Zusammensetzung haben:

Gelbes untersalpeters. Salz $= N_2O_4 + 2PbO + H_2O$
Rothes - - $= 2N_2O_4 + 7PbO + 3H_2O$.

Sie wurden in siedend heifsem Wasser gelöst, ihre Lösungen durch ein Wasserbad nahe auf 100° erhalten, und dann nebst einem Voltameter in den Kreis eines Trogapparats von 30 schwach geladenen Elementen gebracht. Die Resultate waren folgende:

	Zersetztes Wasser. Millgrm.	Gefälltes Blei. gefunden. Millgrm.	Gefälltes Blei. berechnet. Millgrm.
Gelbes Salz, 1ster Vers.	3,44	82	39,6
dito 2 - -	1,5	35	17,25
Rothes Salz, 1 - -	3	120	34,5
dito 2 - -	1,074	42	12,55

Die berechnete Bleimenge ist die, welche dem zersetzten Wasser aequivalent seyn würde. Man sieht, diese ist beim gelben Salz die Hälfte, und beim rothen nur $\frac{1}{3,5}$ von der wirklich gefundenen, ganz wie es nach der Voraussetzung seyn mufs.

Die positive Elektrode war hier von Platin; es ändert sich indefs nichts wesentlich, wenn man sie von Blei nimmt. Es löst sich dann ein Theil derselben, aber nicht respective 2Pb und 3,5Pb, sondern weniger, weil kein

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III, T. II, p.* 87. Die Salze entstehen auch, nach Becquerel sen., wenn man Massicot oder Bleihyperoxyd mit einer Lösung von salpetersaurem Bleioxyd übergiefst und eine Bleiplatte hineinstellt. Nach einem Monate oder mehren findet sich dann diese Platte überzogen mit Krystallen des gelben und des rothen Salzes.

untersalpetersaures Salz wieder gebildet wird, sondern salpetersaures entsteht.

Nach diesen Resultaten nimmt Hr. B. an, dafs die untersalpetersauren Salze direct vom Strom zersetzt werden, und zersetzbarer als das Wasser seyen.

Nicht so verhält es sich nach ihm mit den *essigsauren Bleisalzen.* Unter der grofsen Zahl von Salzen dieser Art elektrolysirte er das *neutrale*, das *tri-* und das *sebasische.* Alle leiteten gut, und gaben ihm, gegen 1 Aeq. zersetzten Wassers, 1 Aeq. metallisches Blei an der negativen Elektrode gefällt, und 1 Aeq. Metall von der positiven Bleielektrode gelöst. Er erklärt diefs Resultat durch die Annahme, dafs das Wasser zersetzbarer sey als diese Salze, dafs der Wasserstoff am negativen Pol das Bleioxyd reducire, und der Sauerstoff am negativen Pol Bleioxyd bilde, welches sich in dem Acetat löse.

Diefs letztere Resultat widerspricht Hrn. Matteucci, der bei Elektrolysirung des tribasischen Salzes nur $\frac{2}{3}$ Aeq. metallisches Blei erhalten haben will [1]). Hr. B. bemerkt indefs, dafs das von demselben angewandte Salz, da es durch Schmelzen des neutralen, bis es an den Rändern des Gefäfses stand, bereitet wurde, nicht rein war, sondern ein Gemenge vieler Salze darstellte.

Nach allen diesen Thatsachen stellt Hr. B. den Satz als erwiesen hin: dafs, wenn eine binäre oder ternäre Verbindung durch den elektrischen Strom direct zersetzt wird, die Zersetzung in der Weise erfolge, dafs für 1 Aeq. Elektricität (das heifst für die Elektricitätsmenge, welche 1 Aeq. Wasser zersetzt) 1 Aeq. des elektro-negativen Elements oder des sauren Bestandtheils der Verbindung sich zum positiven Pol begiebt, und die entsprechende Menge des elektro-positiven Elements oder basischen Bestandtheils zum negativen [2]).

1) *Bibl. univers. Ser. Nouv. T. XXI, p.* 153.

2) Davon würde aber, nach Hrn. B's. eigner Erfahrung, das oxydirte Wasser eine Ausnahme bilden, falls man nicht seine Hypothese über

Schliefslich mag hier noch bemerkt seyn, dafs Hr. B. neben verschiedenen, mit dem Hauptgegenstand seiner Untersuchung nur locker zusammenhängenden Betrachtungen auch, als ein aus den Versuchen mehrer Physiker hervorgehendes Resultat, den Satz aufstellt: dafs, wenn ein Gemenge von zwei Metallsalzen elektro-chemisch zersetzt wird, sich Gewichte n' n'' von beiden Metallen niederschlagen, die zu dem Gewichte n des aus einer andern, sich gleichfalls in dem Strom befindlichen Lösung gefällten Metalls in der Beziehung stehen:

$$\frac{n}{e}=\frac{n'}{e'}+\frac{n''}{e''},$$

wo e, e', e'' die Aequivalente der drei Metalle bezeichnen. Er selbst liefert indefs keine Beweise für die Richtigkeit dieses Satzes.

XVI. *Ueber die Ursache der Reduction von Metallen aus den Lösungen ihrer Salze durch den galvanischen Strom; von Hrn. Alfred Smee.*

(*Philosoph. Mag. Ser. III, Vol. XXV, p.* 434. Freier Auszug.)

Ueber den Vorgang bei elektro-chemischer Zersetzung der Metalllösungen haben sich bekanntlich im Laufe der Zeit zweierlei Ansichten ausgebildet.

Nach der einen, und zwar der älteren, wirkt der elektrische Strom nur zerlegend auf das Wasser, und

diese Verbindung theilen will, und überhaupt wäre die Frage, ob nicht saure Salze und analoge Verbindungen mehre solcher Ausnahmen liefern könnten. Es würde indefs wahrscheinlich immer der Satz bestehen bleiben, der auch schon die von Hrn. B. gemachten Erfahrungen einschliefst, dafs, bei Gleichheit der Stromstärke, für jedes Aequivalent Wasser auch ein Aequivalent irgend welcher Verbindung zersetzt wird, sobald dieselbe überhaupt nur zersetzbar ist. *P.*

der dabei ausgeschiedene Wasserstoff ist es, der im Entstehungszustand das Metall aus seiner Lösung reducirt.

Nach der anderen, die neuerlich von Daniell aufgestellt worden, wird die Metallreduction, und überhaupt die Salzzersetzung, direct von dem Strom bewirkt, und die Wasserzersetzung ist ein daraus hervorgehender secundärer Procefs [1]).

Hr. Smee beabsichtigt, zu zeigen, dafs die ältere Ansicht die richtige sey [2]), oder vielmehr, dafs ein früherer Einwurf von Hisinger und Berzelius [3]), als könne die Wasserzersetzung darum nicht das Primäre seyn, weil Metalle wie Zink und Eisen nicht aus ihren Lösungen durch Wasserstoff reducirt werden, was doch der elektrische Strom thut, sich beseitigen lasse. Er hat zu dem Ende eine Reihe von Versuchen angestellt, die jedenfalls viel Interesse besitzen.

Zunächst nahm er wohlgebrannte Holzkohle oder Zinder, und löschte sie rothglühend in verdünnter Schwefelsäure. In diesem Zustand übte sie keine Wirkung auf Metalllösungen aus. Nun verband er sie, in Schwefelsäure, mit dem negativen Pole einer Volta'schen Batterie. Sie belud sich dadurch mit Wasserstoffgas, was daraus hervorging, dafs dasselbe erst einige Zeit nach dem Schlufs der Kette an derselben entwich. Als jetzt die Kohle in Lösungen von Gold, Silber, Kupfer u. s. w. (aber doch nicht von Zink, Eisen u. s. w.? *P.*) getaucht wurde, bekleidete sie sich augenblicklich mit einem glänzenden Metallüberzug. Coke, beladen mit Wasserstoffgas, behielt diese Eigenschaft noch mehre Tage nach dieser Zubereitung.

Hr. Smee sieht diefs als einen Beweis an, dafs Wasserstoff wirklich Metalle aus ihren Lösungen redu-

1) Ann. Ergänzbd. S. 583, und Bd. 64, S. 18.

2) Wie neuerlich auch A. Connell versucht hat. Ann. Ergänzbd. S. 590.

3) *Ann. de chim.* (1804) *T. LI, p.* 174.

ciren könne. Um diesen Beweis zu vervollständigen, machte er folgende Reihe von Versuchen.

Er nahm eine etwas weite und an einem Ende zugeblasene Glasröhre, füllte sie mit einer Metalllösung, steckte einen platinirten Platinstreifen hinein [1]) und kehrte sie nun in einer mit derselben Lösung gefüllten Schale um. Endlich liefs er so viel Wasserstoffgas in die Röhre treten, dafs der Platinstreifen etwa zur Hälfte in dem Gase, zur Hälfte in der Flüssigkeit stand.

Das Resultat dieser Anordnung war, dafs sich das Platin, unter Abnahme des Wasserstoffgases, mehr oder weniger schnell mit einem Ueberzug von dem in der Flüssigkeit enthaltenen Metall bekleidete.

Solches war der Fall mit Lösungen von Chlorplatin, Chlorgold, Chlorpalladium, salpetersaurem Silberoxyd, schwefelsaurem Kupferoxyd, Zinnchlorür und auch, freilich ohne Metallausscheidung, aber doch mit entsprechender Reduction, mit dem schwefelsauren Eisenoxyd (zum Oxydulsalz) und mit Salpetersäure (zu salpetriger Säure); schwefelsaures Eisenoxydul und Jodwasserstoffsäure dagegen blieben unverändert.

Palladinirtes Platin verhielt sich in schwefelsaurem Kupferoxyd wie das platinirte, Silber im schwammförmigen Zustand eben so, im blanken aber nicht, und Kupfer war in allen Gestalten wirkungslos.

Hr. Smee versuchte auch, statt des Platinstreifens einen Streifen Fliefspapier in zuvor beschriebener Weise anzuwenden; allein er war ohne Wirkung auf Gold-, Silber- und Kupferoxydlösung, und reducirte nur schwefelsaures Eisenoxyd zum Oxydulsalz.

Aus den positiven Resultaten der obigen Versuche schliefst Hr. Smee, dafs der Wasserstoff wirklich das Vermögen habe, Metalle aus ihren Lösungen zu reduciren, und dafs demnach die ältere Ansicht von der elektrochemischen Zersetzung die richtige sey.

1) S. Ann. Bd. 61, S. 593.

Zur Stütze dieser Ansicht beruft er sich noch auf einen Versuch, wo er Kupfervitriollösung in einem hohen Glase mittelst Kupferelektroden zersetzte, und zwar so, dafs die negative oben, und die positive unten befindlich war. Er sah nun an ersterer Kupfer sich ausscheiden, anfangs in compacter, später in schwammförmiger Gestalt, dann Wasserstoff entweichen, während die oberen Schichten der Flüssigkeiten sich allmälig vollständig entfärbten, und die untere positive Elektrode sich mit einer dicken Lage Kupferoxyd überzog. Er schliefst daraus, dafs das Metall nicht vom positiven Pol zum negativen Pol geführt werde, und dafs die Fortführung der Säure in entgegengesetzter Richtung auch nur unvollkommen sey, und eben darin glaubt er seine Ansicht bestätigt zu finden.

Zusatz. Ohne hier die Frage über die Ursache der elektro-chemischen Zersetzung, oder die damit zusammenhängende, ob Wasserstoff, im Entstehungszustande, Metalle aus ihren Lösungen zu reduciren vermöge, in ihrem ganzen Umfange erörtern zu wollen, kann ich doch nicht umhin zu bemerken, dafs die zweite Klasse der von Hrn. Smee angestellten Versuche in Bezug auf die letztere Frage nicht die Beweisfähigkeit besitzt, die er ihr beilegt.

Hr. Smee glaubt, oder scheint wenigstens zu glauben, dafs die Reduction, welche erfolgt, wenn eine Platinplatte theilweis in einer Metalllösung, theilweis in Wasserstoffgas steht, lediglich Folge einer rein chemischen Wirkung des letzteren sey. Dem ist aber sicher nicht so. Die Reduction ist Folge eines galvanischen Processes, der Wirkung einer Kette, in welcher der das Wasserstoffgas berührende Theil des Platins das positive, und der in der Flüssigkeit stehende das negative Element ist. Es läfst sich dieses schon aus Hrn. Smee's eignen Versuchen abnehmen, in so fern sie darthun, dafs es hiebei nicht allein auf das Wasserstoffgas ankommt, sondern wesentlich auch auf das hineingestellte Metall. Kupfer,

das im Wasserstoff nicht so positiv wird wie Platin, erweist sich auch wirkungslos.

Noch mehr glaube ich mich zu dem eben gethanen Ausspruch berechtigt durch eine schon vor längerer Zeit über die Grove'sche Gassäule angestellte Untersuchung, welche ich, sobald mir hinreichende Mufse zu ihrer Vollendung gegönnt ist, bekannt zu machen gedenke. Als eins der durch sorgfältige Messungen ermittelten Resultate derselben will ich hier nur erwähnen, dafs ein, und zwar hauptsächlicher Grund der relativ grofsen Schwäche des Stroms jener Gassäule in Bezug auf den einer sogenannten Ladungssäule darin liegt, dafs bei der ersten Säule jede Platte eines Paars, und namentlich die vom Wasserstoff berührte, schon für sich eine geschlossene Kette darstellt, ganz in der eben angegebenen Weise, was denn zur Folge hat, dafs bei Schliefsung eines solchen Paars oder einer Reihe solcher Paare nur ein Neben- oder Zweigstrom zur äufseren Wirkung gelangt.

Der zuletzt von Hrn. Smee beschriebene Versuch kann wenigstens nicht auf Neuheit Anspruch machen. Er ist bereits, mit mehren ähnlichen, von Daniell angestellt und ausführlich besprochen (Ann. Bd. 64, S. 39), zum Theil auch von A. Connell (Ann. Ergänzungsbd. S. 591), und noch früher von L. Gmelin (Ann. Bd. 44, S. 30).

Trotz dem scheinen die aus diesen Versuchen hervorgehenden Thatsachen wenig bekannt geworden zu seyn, denn noch ganz kürzlich hat Pouillet eine ähnliche als neu hingestellt (*Compt. rend.* vom 26. Mai d. J.), und sogar eine neue, etwas seltsame Theorie der Elektrochemie darauf begründet.

Er gofs Goldlösung in eine U-förmige Röhre, die in der Krümmung etwas verengt war, und in den weiteren Schenkeln die Elektroden aufnahm. Nachdem der Strom eine genügende Zeit hindurch geleitet war, fand er die Lösung in dem negativen Schenkel fast ihres Goldes be-

raubt, die in dem positiven Schenkel dagegen noch mit ihrem ursprünglichen Goldgehalt versehen.

Daraus schliefst er, »dafs bei der Zersetzung des Goldchlorids (und somit aller Metallsalze), der positive Pol ohne zersetzende Wirkung bleibe, alle chemische Macht dagegen im negativen Pol liege, dafs dieser das Gold aufnehme, und das Chlor durch eine Reihe successiver Zersetzungen und Wiederherstellungen dem positiven Pol zur Entwicklung zusende.« Wenn beide Pole wirkten, setzt er hinzu, so würde das am negativen Pol ausgeschiedene Metall zweierlei Ursprungs seyn; die eine Hälfte wäre daselbst direct gefällt, und die andere käme vom positiven Pol her; beide Schenkel der Röhre würden dann während der ganzen Dauer des Processes in gleichem Grade ärmer an Gold werden müssen.

Hätte Hr. Pouillet die Abhandlung von Daniell oder Gmelin gelesen, so würde er gefunden haben, dafs diese Ansicht den Thatsachen geradezu widerspricht, denn Kali und Natronsalze werden am positiven Pol zersetzt, ohne dafs ihre Lösungen mit dem negativen Pol in Berührung kommen. Dafs diefs mit den Metall- und Erdsalzen nicht geschieht, wird sicher viel einfacher, als nach Hrn. P., durch den von Gmelin und Daniell aufgestellten Satz erklärt, dafs die bisher hypothesisch ziemlich allgemein angenommene Ueberführung von Pol zu Pol entweder gar nicht, oder nur für wenige Stoffe stattfindet. Und wenn man dieses zugiebt, wenn man z. B. für den von Hrn. Pouillet behandelten Fall annimmt, dafs blofs das Chlor, und nicht das Gold, einer solchen Ueberführung fähig sey, so kann man die Zersetzungskraft eben so wohl dem positiven als dem negativen Pol, als, was schon an und für sich viel wahrscheinlicher ist, beiden Polen beilegen; das Resultat wird dadurch nicht geändert.

Schliefslich noch eine Bemerkung. Herr Pouillet sagt, er habe bei seinen Versuchen alle porösen Scheide-

wände vermieden, weil sie zu einer die Resultate störenden Endosmose Anlaſs geben, und weil sich in ihnen die Flüssigkeiten bedeutend erhitzen. Was letzteren Punkt betrifft, so scheint mir, als habe Hr. Pouillet mit übermäſsig und ganz unnöthig starken Strömen gearbeitet. Er spricht von Batterien von 50 Bunsen'schen Elementen; ich glaube behaupten zu können, daſs man mit 2 bis 3 solchen Kohlen- oder ähnlichen Platinelementen vollkommen ausreicht, um alle von dem französischen Physiker beobachteten Resultate wohl ausgeprägt zu erhalten. — Ueberdieſs zeigen die Daniell'schen Versuche, daſs poröse Scheidewände noch bei bedeutend starken Strömen keinen Nachtheil mit sich führen; und wie ohne sie eine strenge Sonderung und quantitative Untersuchung der von beiden Polen berührten Theile der Flüssigkeit möglich sey, ist mir nicht recht einleuchtend. *P.*

XVII. *Beschreibung einer groſsen Wasserbatterie und der damit angestellten Versuche; von John. P. Gassiot.*

(*Philos. Transact. f.* 1844, *pl. I, p.* 39. Freier Auszug)

Herr Gassiot hat die kostspielige und äuſserst mühsame Arbeit unternommen, eine mit bloſsem Wasser geladene Volta'sche Batterie von nicht weniger als *drei tausend fünf hundert und zwanzig* Paaren zu errichten, hauptsächlich, um die Wirkung eines solchen Apparats im ungeschlossenen Zustande kennen zu lernen. Die Metalle bestanden aus Kupfercylindern und Zinkstäben, die paarweise in Glasbecher gestellt waren. Zur Ladung diente Regenwasser. Die 3520 Gläser standen auf 44 eichenen Brettern, die zu 11 von 4 starken Ständern

nach Art eines Bücherbords getragen wurden. Besondere Sorgfalt ward auf die Isolirung des Apparats verwandt. Zunächst waren die Gläser mit Lackfirnifs überzogen; sie standen unmittelbar auf Glasplatten, die in der Wärme auf beiden Seiten einen ähnlichen Firnifsüberzug erhalten hatten, und endlich waren auch die Bretter des Gestells gefirnifst. Trotz aller dieser Vorsichtsmaafsregeln war dennoch die Isolation nur unvollkommen, und der Verf. selbst bemerkt daher, dafs sein Apparat schon im ungeschlossenen Zustande eigentlich ein theilweis geschlossener gewesen sey.

Die mit dieser riesenhaften Batterie erlangten Resultate sind, wie es auch der Verf. zugiebt, in der Hauptsache nicht neu, aber sie zeigen die bekannten Thatsachen in einem grofsen Maafsstabe.

Diefs gilt namentlich von den Spannungserscheinungen im ungeschlossenen Zustande der Batterie. Ein Goldblatt-Elektroskop divergirte schon, wenn es einem der Pole bis auf zwei oder drei Zoll genähert wurde; so wie man die Batterie schlofs, war jedes Zeichen von Spannung verschwunden. Eine Leidner Flasche, in der Hand gehalten, konnte mit Leichtigkeit geladen werden, und noch gröfser war der Effect mit einer Leidner Batterie von 12 Flaschen, jede mit 16 Quadratfufs Belegung.

Eine Abtheilung der Batterie, aus 160 Bechern bestehend, wurde besonders gut isolirt, indem man sie auf gefirnifste Glasfüfse stellte, die auf einem noch warmen Arnold'schen Ofen standen. Zwei Elektroskope wurden mit den Polen dieser kleinern Batterie verknüpft. Beide divergirten; als Hr. G. darauf den einen Pol mit der Hand berührte, fiel das daneben befindliche Elektroskop zusammen, während das andere stärker divergirte. Mehre Secunden vergingen, ehe das berührte Elektroskop seine Divergenz wieder bekam.

Als die Pole der ganzen Batterie einander bis auf $\frac{1}{50}$ Zoll genähert wurden, schlugen unausgesetzt Funken

zwischen ihnen über. In einem Fall dauerte diefs Phänomen ununterbrochen Tag und Nacht fünf Wochen lang; noch mehre Monate nach ihrer Errichtung zeigte die Batterie keine Abnahme ihrer Kraft.

Trotz der starken Spannungserscheinungen war, so lange die Batterie ungeschlossen blieb, weder mit einem sehr empfindlichen Galvanometer, noch mit Jodkalium-Papier, die allergeringste Spur von einem Strom zu entdecken. Aus der unveränderten Beschaffenheit des Jodkalium-Papiers schliefst Hr. G., dafs auch in der Batterie keine chemische Action statt hatte, und diese folglich nicht die Ursache der Spannungserscheinungen seyn konnte. Er wagt es indessen nicht, sich offen gegen die chemische Theorie auszusprechen.

In einem Versuche, wo er ein Galvanometer und Drähte, die Jodkalium-Papier berührten, mit der Batterie verbunden hatte, näherte er deren Pole einander so weit, dafs etwa jede Secunde ein Funke überschlug; jedesmal, wenn diefs geschah, gerieth die Magnetnadel in eine zitternde Bewegung. Brachte er die Pole noch dichter zusammen, so dafs die Entladungen schneller erfolgten, so wurde die Nadel stetig abgelenkt, und zugleich Jod an einem der Drähte abgeschieden.

Eine Abtheilung der Batterie, aus 320 Bechern bestehend, wurde, wie vorhin, auf's Beste isolirt, und ihre Pole mit Drähten verknüpft, die auf Jodkalium-Papier lagen. Auch wurde einer der Pole durch einen Draht mit dem Erdboden verbunden. Das Papier zeigte in mehren Stunden nicht die geringste Veränderung. So wie aber der andere Pol ebenfalls mit dem Erdboden in Gemeinschaft gesetzt ward, sey es durch einen Draht oder die Hand des Beobachters, so erfolgt eine Ausscheidung von Jod.

Aehnliche Versuche stellte Hr. G. mit einer Grove'schen Gassäule von 40 Plattenpaaren an[1]). Sie wirkte

1) Ann. Bd. 58, S. 202.

ungeschlossen stark auf ein Elektrometer; allein wiewohl er sie drei Monate so stehen liefs, war keine Spur von Abnahme der Gase, d. h. von einem chemischen Procefs, in dieser Batterie zu erblicken. Schon mit 9 Plattenpaaren war dieses Resultat deutlich zu erhalten.

Zuletzt hat noch Hr. G. die Spannung bei einer einfachen ungeschlossenen Grove'schen Zink-Platin-Kette nachgewiesen, und dabei das Platin positiv, das Zink negativ gefunden. Anfangs bediente er sich dazu einer Zamboni'schen Säule, späterhin eines Elektroskops, das dem Hare'schen nachgebildet ist. Dieses Elektroskop besteht aus einem Glaskölbchen, dessen Hals mittelst einer Fassung verschlossen ist. Durch diese geht isolirt ein senkrechter Metallstift, der unten, in dem Kolben, ein einfaches Goldblatt, und oben, aufserhalb, eine horizontale Kupferplatte trägt. Seitwärts, diametral einander gegenüber, hat der Kolben zwei Löcher mit Fassungen, um zwei horizontale Stifte durchzulassen, an deren jedem eine verticale Scheibe von etwa zwei Zoll Durchmesser sitzt. Diese Scheiben, zwischen denen das Goldblatt hängt, können einander näher oder ferner gestellt werden. Die Stifte, welche sie tragen, sind an den äufseren Enden mit Klemmschrauben versehen, um die Drähte aufzunehmen, die respective zu dem Zink und Platin der Kette führen. Letztere, die Kette, wird auf eine mit Lack überzogene Tafel gestellt. Nachdem die unteren Scheiben solchergestalt mit den Metallen der isolirten Kette verbunden sind, nähert man der oberen Platte langsam einen geriebenen Glasstab; es wird dann das Goldblatt von der mit dem Zink verbundenen Scheibe angezogen. Das Entgegengesetzte erfolgt mit einer geriebenen Siegellackstange.

XVIII. *Notiz.*

Elektro-chemische Zersetzung. — Ueber diese hat Hr. James Napier verschiedene Versuche angestellt, worunter einige beachtenswerth sind. Er füllte einen Zersetzungsapparat, der durch eine poröse Scheidewand in zwei Zellen getheilt war, mit einer Lösung von Cyankalium, stellte in beide eine Silberelektrode, und leitete den Strom einer Daniell'schen Batterie von 9 Plattenpaaren hindurch; er mafs das an der negativen Elektrode entwickelte Wasserstoffgas, und wägte den Verlust der positiven. Immer fand er, dafs mehr Silber von dieser gelöst ward, als dem Wasserstoff entsprach, und zwar desto mehr, je concentrirter die Lösung war. Auf 25 Kubikzoll entwickelten Wasserstoffgases betrug, wenn in 12 Unzen Wasser successive 400, 600, 800 Gran Cyankalium gelöst waren, der Silberverlust respective 62; 70,5; 85 Gran, d. h. 8; 16,5; 31 Gran mehr als dem Aequivalent des Gases entsprachen. Eben so verhielt es sich, als in der negativen Zelle Kupfervitriol, und in der positiven Cyankalium gelöst waren, die negative Elektrode aus Kupfer und die positive aus Silber oder Kupfer bestand. Von der positiven wurden beinahe 2 Aeq. Silber oder 3 Aeq. Kupfer gelöst, während sich an der negativen 1 Aeq. Kupfer niederschlug. Auch wenn er das Cyankalium der positiven Zelle durch Salzsäure ersetzte, wurde von der darin gestellten Kupferelektrode mehr Metall gelöst als an der negativen gefällt, und zwar desto mehr, je concentrirter die Säure war. Mit Schwefelsäure, statt der Salzsäure, war diefs nicht der Fall. — Hr. N. schreibt diese Erscheinungen einer durch den Strom erhöhten Lösekraft des Menstruums der positiven Zelle zu. (*Phil. Mag. Ser. III, Vol.* 26, *p.* 211. — Es möchten sich hier wohl niedere Verbindungsstufen gebildet haben, z. B. Kupferchlorür bei der Salzsäure. *P.*)

1845. ANNALEN №. 8.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXV.

I. *Ueber das Glühen und Schmelzen von Metalldrähten durch Elektricität; von Peter Riefs.*

(Auszug aus einer am 5. Juni 1845 in der Acad. der Wissensch. gelesenen Abhandlung.)

Die von den Alten erzählten auffallenden Wirkungen des Blitzes, als deren Typus der in unverletzter Scheide geschmelzte Degen genannt werden kann, haben zu einer merkwürdigen Hypothese über die Schmelzung durch den Blitz, oder durch Elektricität überhaupt geführt. Franklin stellte im Jahre 1747 [1]) die Ansicht auf, dafs der Blitz die Cohäsion eines Metalles ohne Hülfe der Wärme löse und eine kalte Schmelzung desselben zu Wege bringe. Als indefs ein durch den Blitz geschmelzter Glockendraht die Diele eines Zimmers versengt, und Kinnersley an künstlicher Elektricität die Entdeckung gemacht hatte, dafs dieselbe ein Metallstück desto stärker erhitze, je kleiner der Querschnitt desselben ist, dafs daher der Blitz der Spitze eines Degens die Schmelzhitze geben könne, ohne den übrigen Theil der Klinge bedeutend zu erwärmen, — da nahm Franklin seine Ansicht zurück [2]) und tadelte sich selbst heftig, dieselbe auf ein nicht gehörig constatirtes Factum gegründet zu haben. Offenbar ist der grofse Mann ungerecht gegen seine 15 Jahre früher gehegte Vorstellung gewesen; mag Senecas Erzählung der Anlafs zur Aufstellung und Fassung seiner Hypothese gewesen seyn, die Stütze derselben war nicht sie, sondern die Meinung, dafs das Schmel-

1) *Experiments and observations* * *Lond.* 1774. *p.* 52.

2) *Ibidem*, *p.* 419.

zen durch Feuer verschieden von dem durch Elektricität sey. Es kann daher nicht befremden, dafs die Vorstellung einer kalten Schmelzung etwa 40 Jahre später von Berthollet wieder aufgenommen wurde [1]), der jede elektrische Einwirkung auf eine Substanz durch Auseinandertreibung der Partikel derselben erklärte und die bei der Schmelzung auftretende Wärme, die er, durch ungenügende Versuche verleitet, freilich viel zu gering anschlug, als ein secundäres Phänomen auffafste.

Die Hypothese einer durch primäre Wirkung der Elektricität hervorgebrachten Schmelzung hat das schlimme Schicksal gehabt, theils vergessen, theils wie die Anekdote vom Fische Karls des Zweiten, dazu benutzt zu werden, vor Hypothesen zu warnen. Einer neuen Hypothese über die elektrische Schmelzung glaubte man nicht zu bedürfen. Nachdem van Marum mit grofsen Mitteln eine Reihe schätzenswerther Versuche über die Wirkungen der verstärkten Elektricität angestellt hatte, begnügte man sich, diese Versuche rubricirt neben einander zu stellen. Man ging sogar einen Schritt hinter van Marum zurück. Wenn der holländische Physiker über einige der elektrischen Wirkungen seine Verwunderung ausdrückt, so deutet er damit an, dafs er ein Band zwischen ihnen gesucht habe, und dafs ein solches zu suchen sey. In den physikalischen Lehrbüchern aber wird ohne weitere Bemerkung ausgesagt, dafs die Elektricität Hitzewirkungen äufsere, und hierzu wird das Glühen, Schmelzen und Zerstäuben der Metalle gerechnet, dafs sie mechanische Wirkungen hervorbringe, wobei das Zersprengen unvollkommener Leiter angeführt wird, und endlich, dafs sie chemische Zersetzungen veranlasse. Eine solche Trennung der Erscheinungen ist nicht geeignet eine richtige Erkenntnifs der Wirkungsart der elektrischen Entladung zu geben, ja sie konnte sogar diese Erkenntnifs lange Zeit vereiteln. Sah man nämlich Glühen

1) Chemische Statik *. Berl. 1811. Bd. 1, S. 270.

und Schmelzen durch Elektricität als eine unmittelbare Folge der erregten Wärme an, so erschien es genügend, die Gesetze der elektrischen Wärmeerregung zwischen irgend welchen Temperaturgraden zu untersuchen, die, bei der hier nothwendigen Anwendung des Luftthermometers, nicht weit von der Lufttemperatur entfernt gewählt werden konnten.

Ich habe die Wirkung steigender elektrischer Entladungen auf Drähte einer neuen Untersuchung unterworfen, und habe gefunden, dafs von einer gewissen Stärke der Entladung an die thermischen und mechanischen Erscheinungen an einem Drahte stets gleichzeitig vorhanden sind, und daher die Hypothese Franklin's einer kalten Schmelzung sich von der Wahrheit nicht weiter entfernt als die allgemein angenommene einer nur heifsen Schmelzung. Zugleich stellte sich eine Verschiedenheit der Fortpflanzungsart der Elektricität in guten Leitern heraus, die mir beachtenswerth erscheint, da sie über vielfache, bisher vereinzelt dastehende elektrische Wirkungen Aufschlufs giebt. In dem folgenden Auszuge sind die Versuche ausführlicher beschrieben, von welchen die Drähte, mit Bernsteinfirnifs auf Papier befestigt, aufbewahrt worden sind. Eine Abbildung dieser Probestücke schien mir nicht vollkommen genug gegeben werden zu können, um die Deutlichkeit der Beschreibung zu erhöhen.

Berechnung eines Schmelzpunktes aus beobachteten Erwärmungen.

Ein dünner Platindraht, in die Kugel eines Luftthermometers eingeschlossen, wurde in vier successiven Versuchsreihen von verschiedener Länge genommen, und die Erwärmung beobachtet, welche durch verschieden starke Entladungen einer elektrischen Batterie in demselben erregt wurde. Diese Erwärmungen konnten auch

nach der von mir früher aufgestellten Formel [1]) berechnet werden, nachdem die beiden Constanten der Formel bestimmt waren. Es ergab sich folgende genügende Uebereinstimmung der Beobachtung und Berechnung:

Länge des Drahts.	Temperatur für Einheit der Ladung nach Beobachtung.	nach Formel.
141,6 Linien	0,270 C.	0,2688
91,66	0,338	0,3419
48,75	0,449	0,4461
34,75	0,495	0,4953.

Die kleinste Drahtlänge war noch zu grofs, um durch eine Entladung der hier gebrauchten Batterie geschmelzt zu werden, ich verkürzte den Draht daher bis auf 15 Linien, und konnte ihn nun durch die in vier Flaschen angehäufte Elektricitätsmenge 38, oder die in fünf Flaschen befindliche Menge 42 gänzlich schmelzen. Wird die Formel auf diese Fälle angewendet, so erhält man für die Temperatur des zerstörten Drahtes 211,8 und 207,0 Grad der hunderttheiligen Skale, Temperaturen, die nicht zum Glühen, geschweige denn zum Schmelzen des Platins hinreichen.

Diese Temperaturen konnten auch nach anderen Beobachtungen berechnet werden. Es befand sich nämlich bei allen Versuchen im Schliefsungsbogen der Batterie unveränderlich ein dicker Platindraht, dessen Erwärmungen beobachtet wurden, die nach der erwähnten Formel ein bestimmtes Verhältnifs zu den Erwärmungen des dünnen Drahtes haben. Auch diese Berechnung giebt eine genügende Uebereinstimmung mit der Beobachtung.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 45, S. 23.

Länge d. Drahts.	Erwärmungen des dünnen Drahts nach der Erwärmung des dicken Drahts berechnet.	beobachtet.
141,6	0,2792	0,270
91,66	0,3346	0,338
48,75	0,4427	0,449
34,75	0,4906	0,495
15,0	0,6792.	

Die Temperatur des dünnen Drahts bei einer Länge von 15 Linien würde hiernach bei der Einheit der Ladung 0,6792 betragen, und für die Zerstörung desselben 239,6 und 245,2 Grade ergeben. Es ist bemerkenswerth, dafs diese Temperaturen keinesweges geringer sind, als die vorhin gefundenen. Wenn nämlich, wie es der Fall ist, die Beobachtungen am dicken Drahte eine gröfsere Temperatur des dünnen Drahtes geben, als die Beobachtungen am dünnen Drahte selbst, so ist dadurch die Vermuthung widerlegt, dafs der Verzögerungswerth des dünnen Drahtes mit Verkürzung desselben nicht stetig abnehme, sondern nur bis zu einer Gränze, die oberhalb von 15 Linien läge. Beiläufig ist zu merken, dafs alle angegebenen Temperaturen bei der Zerstörung dieses Drahtes eher zu grofs, als zu klein sind, da die Entladung mit der ganzen, in der Batterie befindlichen Elektricitätsmenge in Rechnung gebracht ist, obgleich, wie sich später zeigen wird, ein nicht unbeträchtlicher Theil dieser Menge nach der Entladung in der Batterie zurückbleibt.

Es bedarf keiner weitläufigen Auseinandersetzung, um zu zeigen, dafs eine Temperatur von 245 Graden (es ist diefs die höchste, die aus einem einzelnen Versuche berechnet wurde) nicht die sey, welche das durch Elektricität geschmelzte Platin wirklich besitzt. Durch eine geringere Elektricitätsmenge, als die hier gebrauchte, schmilzt Platindraht zu kleinen glänzenden Kugeln, die oft an der Wandung einer in $\frac{1}{4}$ Zoll Entfernung gehaltenen Glasröhre so fest anschmolzen, dafs sie nur mit

Verletzung des Glases gelöst werden konnten. Aus den beigebrachten Versuchen folgt aber, dafs die elektrische Schmelzung der Metalle kein secundäres Phänomen ihrer Erwärmung ist, und dafs lange zuvor, ehe ein Metall durch Steigerung seiner Erwärmung schmelzen würde, es wirklich schmilzt. Wir müssen demnach in der Schmelzung eine elektrische Wirkung erkennen, die von der Erwärmung durch Elektricität gänzlich getrennt ist, und deren Gesetze gesondert studirt werden müssen. Diese Trennung der beiden Erscheinungen, die hier indirect gefunden wurde, ergiebt sich auf sehr augenfällige directe Weise, wenn man bei dem Uebergange von der normalen Erwärmung zur Schmelzung auf den Zustand des der elektrischen Entladung ausgesetzten Drahtes sein Augenmerk richtet. Ehe die Stärke der Entladung erreicht ist, die den Draht zum Glühen bringt, treten eigenthümliche Aenderungen im Ansehen des Drahtes ein, und gleichfalls, ehe man das Schmelzen desselben erhält, erfährt er Einwirkungen, die keine Aehnlichkeit mit den der Erwärmung zugehörigen haben.

Erscheinungen, die dem Glühen vorangehen und dasselbe begleiten.

Erschütterung, Dampf.

Die bisher gebrauchte Batterie, aus fünf Flaschen bestehend, deren jede $1\frac{1}{2}$ Quadratfufs belegte Fläche enthielt, ertrug die Ladungen nicht, welche zu vielen der nachfolgenden Versuche nöthig sind; ich ersetzte sie daher durch eine andere von sieben Flaschen mit 2,6 füfsiger Belegung. Diese Flaschen stehen auf einer durch Glasfüfse isolirten, mit Stanniol bekleideten Holzplatte von 27 Zollen Durchmesser, und tragen *ſ*-förmige, mit ihrem Innern verbundene und in Charnieren bewegliche Metallstücke, durch welche sie in beliebiger Anzahl mit einander zu verbinden sind. Die Maafsflasche, durch

welche die Ladung dieser Batterie gemessen wurde, war die frühere mit $\frac{1}{2}$ Quadratfuſs Belegung; ihre Kugeln waren, wie früher, bis auf $\frac{1}{2}$ Linie einander genähert, nur nahm ich jetzt die zweien Explosionen entsprechende Elektricitätsmenge zur Einheit an. Diese Einheit ist im Folgenden gleichfalls zu verstehen bei Versuchen, die mit der alten Batterie angestellt sind, in welchem Falle die Flaschenzahl mit einem Asterisk bezeichnet werden soll.

In den Schlieſsungsbogen der Batterie wurde ein Platindraht von 34 Linien Länge und 0,0209 Lin. Radius mittelst zweier starken Federn aus Glockenmetall eingeschaltet. Bei der Entladung von steigenden Elektricitätsmengen wurden folgende Erscheinungen an dem Drahte bemerkt:

Versuch 1.

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	
4 *	5	der Draht erzittert.
	7	ein Dampfstreifen steigt von ihm auf.
	9	kein Dampf. Schwache Einbiegung im Drahte.
	11	die Einbiegung verstärkt; eine neue.
	13	der Draht glüht; er ist vielfach eingebog.
	15	derselbe weiſsglühend. Mit vielen Einbiegungen, so daſs er straff gezogen ist.

Versuch 2. Ein anderer Platindraht von 0,0261 Radius, 16 Lin. Länge, gab folgende Erscheinungen:

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	
4	6	Funke an der inneren Seite des Drahts (die dem Innern der Batterie zunächst liegt).
	8	Dampfstreifen am ganzen Drahte.
	9	Dampf. Funke an der äuſseren Seite.

Flaschen-zahl.	Elektricitäts-menge.	
4	10	dasselbe.
	11	weder Funke, noch Dampf. Starke Einbiegung.
	12	Funke an äufserer Seite. Einbiegung verstärkt.
	13	der Draht glüht.

Versuch 3. An einem anderen bedeutend dickeren Drahte (*rad* 0,04053) wurde Folgendes bemerkt:

Flaschen-zahl.	Elektricitäts-menge.	
4	12	
	14	Funke an der äufseren Seite.
	16	Sprühfunke an der äufseren Seite.
	18	Einbiegung am Drahte.
	20	dieselbe verstärkt.
	22	mehrere Einbiegungen.
	24	dieselben verstärkt.
5	26	dasselbe.
	27	der Draht glüht.
	28	glüht hell, viele tiefe Einbiegungen.

Lange zuvor, ehe die zum Glühen nöthige Elektricitätsmenge erreicht ist, zeigen sich also am Drahte Erscheinungen, die ein gewaltsames Eindringen der Elektricität in denselben bekunden. Der Draht wird sichtbar erschüttert, es treten kleine Funken an seinen Enden auf, es werden von seiner Oberfläche Theilchen losgerissen, die sich in Gestalt eines dichten Dampfes von ihm erheben. Oft geschieht gleichzeitig mit dem Auftreten der Funken das Losreifsen gröfserer Metalltheile, die fortgeschleudert und erglühend dem Funken ein sprühendes Ansehen geben. Diese Erscheinungen fehlen zwar niemals, aber sie sind, in Betracht ihrer Stärke, nicht constant. Die Erschütterung ist um so sichtlicher, je beweglicher der Draht ist, und die Gröfse der Funken an

den Enden hängt vom Materiale des Drahts und von der Form und dem Materiale der Befestigungen ab. Hier, wo der Draht in abgerundeten Klemmen aus Glockengut lag, erschienen die Funken kräftig bei Drähten aus Platin, Palladium, Neusilber, minder glänzend bei Silber und Messing; bei Kupfer sind sie nicht bemerkt worden. Das Sprühen der Funken hängt von der Sprödigkeit des Metalles und von seiner Oxydirbarkeit ab; es ist bei Silber nicht eingetreten, bei anderen Metallen nur mit kurzen Strahlen, bei dem Eisen aber in gröfster Ausdehnung. Viel constanter als das Auftreten der Funken ist die Bildung der Dampfwolke, die bei keinem Metalle gefehlt hat. Die Leichtigkeit, mit der der Dampf gebildet wird, variirt zwar von einem Metalle zum andern, aber in nicht höherem Maafse, als es bei verschiedenen Drähten desselben Metalles der Fall ist. Eine gewisse Sorte Platindraht gab so reichlichen Dampf, dafs sich bei der ersten Entladung jedesmal ein Dampfstreifen von der ganzen Länge des Drahtes bildete, bei anderen Sorten kamen nur einzelne abgegränzte Dampfflocken zu Stande. Zuweilen findet die Dampfbildung nur bei Einer Entladung statt und fehlt bei den folgenden Entladungen; zuweilen tritt sie auch bei aufeinanderfolgenden steigenden Entladungen ein, dann aber in abnehmender Stärke. Dieselbe wird wesentlich befördert durch eine gewisse Oberflächenbeschaffenheit des Drahtes und die gröfsere oder geringere Anzahl von Furchen, welche das Zieheisen auf dem Drahte zurückläfst, scheint einen bedeutenden Einflufs auf sie auszuüben. Ich habe einigemal bemerkt, dafs nach sorgfältigem Poliren eines Drahtes die Dampfbildung in geringerem Maafse eintrat, als sie sonst der Drahtsorte eigen war.

Einbiegungen des Drahtes.

Die angeführten Erscheinungen am Drahte sind beachtenswerth, weil sie die Gewaltsamkeit zeigen, mit der

das Metall lange vor dem Glühen von der elektrischen Entladung erfafst wird, aber das Stadium ihres Auftretens und ihre Stärke sind, wie bemerkt worden, von manchen Zufälligkeiten abhängig. Ein besser gezogener, inniger befestigter Draht wird die Funken, den Dampf, vielleicht auch die Erschütterungen erst bei Anwendung einer gröfseren Elektricitätsmenge zeigen, wie ein anderer weniger sorgfältig behandelter Draht. Es läfst sich daher aus dem Eintreten einer solchen Erscheinung im Allgemeinen nicht schliefsen, dafs man durch eine bestimmte Steigerung der Entladung das Glühen eines Drahtes bewerkstelligen werde. Anders ist es mit der nun zu erwähnenden bleibenden Aenderung am Drahte, die mit dem Glühen wesentlich zusammenhängt und kurz vor demselben eintritt. Es ist die winklige Einbiegung des Drahtes, die bei einer Entladung plötzlich, wie von einem kantigen Instrumente eingedrückt, erscheint. Bei der ersten Entladung erscheint diese Einbiegung nur als Unterbrechung der glänzenden Lichtlinie, die ein polirter Draht im Tageslichte zeigt; durch Wiederholung derselben Entladung oder durch Steigerung derselben vertieft sich die Biegung immer mehr und es bildet sich ein mefsbarer Winkel. Ein Platindraht (*rad* 0,021) war folgenden Entladungen ausgesetzt worden [1]):

Versuch 4.

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	
3	8	an der äufseren Seite des Drahts Funken, Dampf.
	9	Erschütterung, Einbiegung.
	10	letztere vertieft.
	10	dasselbe, neue Biegungen.

Man sieht an diesem Drahte, in weiter Entfernung

1) Die durch die Entladung veränderten Drähte wurden, mit Bernsteinfirnifs auf Papier befestigt, hier und in der Folge in Natur vorgelegt.

von seinen Befestigungen, einen tief eingedrückten Winkel und auf der rechten Seite desselben mehrere schwache Einbiegungen. Vier andere Platin- und zwei Eisendrähte, die gleichfalls nur wenigen Entladungen ausgesetzt waren, erhielten gleichfalls tiefe Einbiegungen. Ueberall, wo die Einbiegung ungehindert stattfindet, ist sie stumpfwinklig; ich habe sie in mehreren Fällen gemessen und wenig von 110° verschieden gefunden. Weder die Dimensionen, noch das Material des Drahtes bringen hierin einen Unterschied hervor, wie die Winkel in einem dicken Platindrahte (*rad* 0,0405), in einem Eisendrahte und in einem Kupferdrahte zeigen. Erschwert und theilweise verhindert wird die Winkelbildung, wenn der Draht in gerader Linie ausgespannt, oder in einem stark gewölbten Bogen einer bedeutenden Spannung ausgesetzt ist. Alsdann entstehen, statt der tiefen Einbiegungen, nur schwache Verdrückungen in grofser Zahl, die leicht der Beobachtung entgehen; zuweilen auch reifst der Draht an der Stelle, wo sich der Winkel gebildet haben würde und der Draht nachzugeben verhindert ist. Aus gleichem Grunde ist der schon gebildete Winkel dem neu sich bildenden ein Hindernifs, und es entstehen so die mannigfachen Verzerrungen des Drahts, von welchen sogleich die Rede seyn wird. Die Einbiegungen entstehen bei der Entladung einer geringeren Elektricitätsmenge, als die zum Glühen erforderliche; es ist zwar hier das am Tage sichtbare Glühen als Norm genommen, ich habe mich aber davon überzeugt, dafs in vollkommener Finsternifs die Bildung der ersten Einbiegung mit keiner Lichterscheinung verbunden ist (die zuweilen auftretenden Funken an den Befestigungspunkten des Drahtes abgerechnet). Läfst man nach der ersten Einbiegung immer stärkere Entladungen durch den Draht hindurch, so treten stets neue Biegungen auf, die durch die vorhandenen beschränkt oder sie verzerrend, Krümmungen und Winkel in verschiedenen Ebenen hervorrufen und dem

Drahte zuletzt ein geripptes wellenförmiges Ansehen geben. Diefs wellenförmige Ansehen wird auch durch wiederholte Entladungen der Elektricitätsmenge hervorgebracht, die den Draht in's Glühen versetzt.

Alle vorgezeigten Drähte hingen beim Glühen in einem weiten Bogen; hätte man sie an dem einen Ende aufgehängt und an dem andern Ende mit einem Gewichte beschwert, so würden nicht Einbiegungen, sondern nur sehr schwache Einreifungen an ihnen bemerklich geworden seyn. Hierdurch wird der auffallende Umstand erklärlich, dafs, soviel man sich auch früher mit der elektrischen Schmelzung beschäftigt hat, doch erst in neuester Zeit die Erscheinung der Einbiegungen entdeckt worden ist. Ich selbst glaube der Erste gewesen zu seyn, der (im Jahre 1837) auf die winkligen Einknickungen eines Drahts durch elektrische Entladungen aufmerksam gemacht hat [1]). Zwei Jahre später [2]) erwähnt zwar der jüngere Becquerel die wellenförmigen Einbiegungen sehr dünner Platindrähte (er hat sie nur bei Drähten von 0,016 Linie *rad.* hervorbringen können), die einem mehrmaligen Glühen ausgesetzt worden sind, verkennt aber ihre Bedeutung gänzlich, indem er sie als eine Folge des Glühens, und von ihnen unabhängig die Verkürzung der Drähte annimmt, zu der wir jetzt übergehen.

Scheinbare Verkürzung von Drähten.

Nairne machte 1780 die Entdeckung [3]), dafs Drähte durch elektrische Entladungen, die sie glühend machen, verkürzt werden. Ein Eisendraht von 0,06 Lin. Radius und 10 Zollen Länge mafs, nachdem 15 starke Entladungen einer kräftigen Batterie durch ihn hindurchge-

1) Poggendorff's Annalen *, Bd. 40, S. 340.

2) *Annales de chimie*, 2 *Sér.*, *T. LXXI*, *p.* 44. — Poggendorff's Annalen *, Bd. 48, S. 549.

3) *Philosoph. transact. f.* 1780 *, *p.* 334.

gangen waren, nur noch 8,9 Zoll, war also um mehr als 1 Zoll verkürzt worden. Der Draht hatte sein Gewicht unverändert behalten, aber zwischen den Spitzen eines Tasterzirkels geprüft, schien er dicker geworden zu seyn.

van Marum verkürzte einen 18 Zoll langen Eisendraht von 0,109 Lin. Radius durch eine einzige Entladung um $\frac{1}{4}$ Zoll und nahm ohne Prüfung an [1]), dafs der elektrische Entladungsstrom den Draht seitwärts ausgebreitet habe, wodurch dieser nothwendig kürzer geworden sey.

Nach diesen wenigen oberflächlichen Versuchen zögerte man nicht, ganz allgemein auszusprechen, dafs Metalldrähte durch Elektricität in die Dicke ausgedehnt und dadurch verkürzt werden [2]). Selbst in neuster Zeit hat der jüngere Becquerel, dem doch die Krümmungen der Drähte bekannt waren, ein Gesetz gesucht über die Verkürzung von Platindrähten nach Maafsgabe ihrer Halbmesser, und ohne Weiteres angenommen, dafs die verkürzten Drähte dicker geworden sind [3]). Ich habe über diesen Gegenstand neue Versuche anzustellen für nöthig gefunden.

Versuch 5. In den Federklemmen des Schliefsungsbogens wurde horizontal ein Platindraht von 0''',02089 Radius befestigt, dessen Länge genau zu 42,66 Lin. bestimmt wurde. Die in 4* Flaschen angehäufte Elektricitätsmenge 5 wurde eilf Mal und die Elektricitätsmenge 7 sechs Mal durch den Draht entladen. Die Entladungen der geringeren Elektricitätsmenge hatte keinen sichtbaren Einflufs auf den Draht, durch die der gröfseren erhielt er zwei tiefe Einbiegungen. Nachdem derselbe

1) Beschreibung einer grofsen Elektrisirmaschine, erste Fortsetzung *. Leipzig 1788. S. 13.

2) Gehler's neues Wörterb. *, Bd. 8, S. 541. — Biot, Lehrbuch von Fechner, Bd. 2, S. 266.

3) Poggendorff's Annalen *, Bd. 48, S. 549.

straff gezogen worden war, fand sich seine Länge genau 42,63 Lin., also wie zu Anfange.

Versuch 6. Ein Platindraht gleicher Dicke wurde schlaff in die Klemmen gelegt, nach jeder Entladung mäfsig straff gezogen und gemessen.

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	Erscheinung am Draht.	Länge desselb. in Linien.
			38,16
4*	10	Einbiegungen	38,11
	—	Funke an d. Enden, Einbiegung	37,86
	—	dasselbe	37,76
	12	der Draht glüht schwach	37,51
	—	dasselbe	37,41
	14	hellglühend	37,21
	—	dasselbe	36,86

Hier war also der Draht um 1,3 Lin. verkürzt worden; das zackige Ansehen desselben, das durch das Straffziehen nicht beseitigt werden konnte, zeigte aber, dafs diese Verkürzung nur scheinbar war. Als der Draht durch die Finger gezogen war, betrug seine Länge 37,21 und nach nochmaliger Glättung 37,41. Auch jetzt noch unterschied Gesicht und Gefühl die unebene Oberfläche des Drahts, die nur durch Druck gegen einen harten Körper hätte beseitigt werden können.

Versuch 7. Ein Platindraht von 0,0286 Radius wurde zehn Mal durch Entladungen zum Glühen gebracht; vor dem Versuche betrug seine Länge 77,5, nach demselben 72,3 Linien. Die scheinbare Verkürzung um 5,2 Linien wurde gröfstentheils beseitigt, als der Draht einmal durch die Finger gezogen war, wonach er 75,9 Linien mafs. Es ist nicht zweifelhaft, dafs die noch zurückbleibende Verkürzung um 1,6 Linien durch sehr feine Einbiegungen verursacht worden ist.

Versuch 8. Endlich habe ich den Versuch noch an einem Eisendrahte von 0''',0266 Radius und 98,2 Linien Länge angestellt, und zwar in der Weise, wie er von

Andern ausgeführt worden ist. Der Draht nämlich, durch ein kleines birnförmiges Gewicht (12¼ Grammen) beschwert, wurde vertical gehängt, die Spitze des Gewichts aber durch ein mit einer Grube versehenes Metallstück gestützt. Nachdem der Draht acht Mal durch Entladungen in mäfsiges Glühen versetzt war, mafs er 90,7 Linien, zeigte also eine scheinbare Verkürzung von 7½ Linien. Durch sorgfältige wiederholte Glättung erhielt er eine Länge von 95,2 und 96,5 Linien, so dafs also nur eine Verkürzung von 1,7 Lin. zurückblieb. Eine weitere Glättung, die dem Drahte unzweifelhaft seine erste Länge wieder gegeben hätte, würde die Anwendung von Feuer nöthig gemacht haben.

Die Drähte, welche zum 7. und 8. Versuche gedient haben, sind aufbewahrt worden; der Anblick derselben durch die Lupe zeigt sie mit einer grofsen Menge kleiner Biegungen bedeckt, welche die Verkürzung von nahe 2 Linien vollkommen erklärlich machen.

Es folgt aus diesen Versuchen, dafs die bisher behauptete Verkürzung von Drähten durch Vergröfserung ihres Durchmessers, welche von starken elektrischen Entladungen bewirkt werden soll, in der Natur nicht stattfindet, und dafs die scheinbare Verkürzung von Einbiegungen herrührt, die unter Umständen klein genug seyn können, um sich der oberflächlichen Betrachtung zu entziehen. Diese wenig merklichen Einbiegungen entstehen, neben anderen gröfseren, an stark gespannten Drähten und durch Entladungen, die den Draht in's Glühen versetzen. Schlaffhängende Drähte erhalten, wie S. 491 gezeigt worden ist, Einbiegungen durch elektrische Entladungen, die selbst in vollkommener Dunkelheit kein Glühen verursachen, und diese Entladungen wären hinreichend, jene Drähte scheinbar zu verkürzen, wenn nicht der gröfste Theil der Biegungen so stark wäre, dafs sie von Keinem bei der Messung übersehen werden könnten.

Unter den Wirkungen des elektrischen Glühens wird

auch die Verlängerung von Drähten genannt, die durch Gewichte stark gespannt sind. **Kinnersley** hat diefs 1761 zuerst ausgeführt, indem er eine 24 Zoll lange Klaviersaite, mit einem Pfundgewichte beschwert, aufhängte und durch eine elektrische Entladung glühend machte, wonach dieselbe über 1 Zoll verlängert war [1]). **Beccaria** hat den Versuch in complicirter Weise angestellt [2]). Eine Metallstange wurde auf eine Horizontalebene um einen Endpunkt drehbar gelegt, während das fein gezahnte Ende derselben auf ein mit einem Zeiger versehenes Zahnrad wirkte. Gegen die Stange drückte eine starke Feder, deren Wirkung aber durch einen an der Stange befestigten gespannten Eisendraht von 8 Zoll Länge gehemmt ward. Kam der Eisendraht durch einen elektrischen Schlag in's Glühen, so gab der Zeiger eine Bewegung der Stange in der Richtung der wirkenden Feder und daher eine Verlängerung des Eisendrahtes an, und zwar erschien die dauernde Verlängerung kleiner, als sie im Augenblicke des Glühens war. Es ist hierdurch klar, dafs hier keine primäre elektrische Wirkung, sondern eine mechanische Wirkung auf einen glühenden Draht vorliegt. Ich habe deshalb nur einen Versuch dieser Art angestellt, in welchem jedoch der Draht sogleich zerrifs, weil ich ein zu grofses Gewicht oder eine zu starke elektrische Ladung angewendet hatte.

Gesetze des elektrischen Glühens.

Frühere Angaben.

Ueber die Gesetze, nach welchen das Glühen eines Drahtes durch eine elektrische Entladung eintritt, ist bisher keine Erfahrung vorhanden. Es haben sich zwar mehrere Physiker mit den Hitzewirkungen der Elektrici-tät

1) **Franklin**, *experiments and observations*, 3. *ed.* *, *p.* 399.

2) *Elettric. artific. Torin* 1772 *. *p.* 301.

tät beschäftigt, sie haben aber das Schmelzen der Metalle zum Augenmerk genommen, und sind hierbei unter einander in Widerspruch und überhaupt zu keiner klaren Einsicht der Erscheinung gekommen. Das Schmelzen eignet sich nicht zu einem festen Anhaltpunkte, da es verschiedene Stufen desselben giebt, und ihm, wie sich unten zeigen wird, eine elektrische Wirkung vorangeht, die gleichfalls die Zerstörung des Drahts herbeiführt. Die grofse Verschiedenheit der Angaben jener Physiker rührt theils hiervon, theils aber davon her, dafs eine Frage gelöst werden sollte, die, allgemein gestellt, keine bestimmte Lösung hat.

van Marum [1]) lud eine Batterie von 135 und eine von 225 Flaschen zu gleichem Grade, und fand in drei Versuchen, dafs die damit zu schmelzenden Längen eines Eisendrahts sich wie 3 zu 5 verhielten. Hiernach würde bei gleicher Dichtigkeit die Elektricität ihrer Menge proportionale Drahtlängen schmelzen. Die Längen verschieden dicker Drähte, die durch eine constante Ladung geschmelzt wurden, hatten kein bestimmtes Verhältnifs zu den Durchmessern der Drähte [2]).

Cuthbertson bestritt die Richtigkeit der Versuche v. Marum's, und gab an, dafs bei gleicher Dichtigkeit eine doppelt so grofse Elektricitätsmenge die 4fache Länge, eine $1\frac{1}{2}$ Mal so grofse, die 3fache Länge des Drahtes schmelze, der durch die einfache Menge schmilzt [3]).

Brooke nahm an [4]), dafs die Wirkung der Elektricität auf Drähte zunimmt, wie die Quadrate der angewandten Elektricitätsmenge, so dafs zwei Flaschen, zu irgend einem Grade geladen, einen vier Mal längeren Draht schmelzen, als eine zu demselben Grade geladene Flasche.

1) Beschreibung u. s. w. *, erste Fortsetzung, S. 3.

2) Ebendaselbst, S. 9.

3) Gilbert's Annalen *, Bd. 3, S. 13.

4) *New experiments in electricity. — Encyclop. metropolit. Lond.* 1830 *. *electr. p.* 116.

Singer [1]) giebt das quadratische Gesetz nur bis zu einer mäfsigen Drahtlänge zu, da bei längeren Drähten ein Theil der in der Batterie angesammelten Elektricität verloren gehe. Eine gegebene Elektricitätsmenge soll ferner dieselbe Drahtlänge schmelzen, sie mag in einer oder in zwei Flaschen angehäuft gewesen seyn.

Eine Discussion dieser Angaben, von welchen keine allgemein gültig seyn kann, ist darum nicht möglich, weil keine Rechenschaft über den angewandten Schliefsungsbogen, das heifst über den nicht geschmelzten Theil desselben, gegeben ist. Zur Zeit, als jene Versuche angestellt wurden, herrschte die Meinung, dafs die Wirkung der elektrischen Batterie allein von der Elektricitätsmenge und der Zahl und Beschaffenheit der angewandten Flaschen abhänge, eine Meinung, die, obgleich sie noch in neuster Zeit hie und da wiederholt worden, keiner besonderen Widerlegung bedarf, da sie durch jeden sorgsam angestellten Versuch mit bewegter Elektricität widerlegt wird.

Die Gesetze des Glühens lassen sich in einfachster Weise durch die Erwärmungen ausdrücken, welche ein gleichzeitig mit dem glühenden Drahte im Schliefsungsbogen befindlicher constanter Draht erfährt. Ich fügte deshalb bei allen folgenden Versuchen in den Schliefsungsbogen ein elektrisches Thermometer ein, dessen Erwärmung beobachtet wurde. Der Platindraht im Thermometer mufste von solcher Dicke gewählt werden, dafs er bei der stärksten der angewandten Entladungen unversehrt blieb. Um bei den sehr verschiedenen Ladungen eine gleiche Zuverlässigkeit der Angabe zu erhalten, konnte nicht in allen Versuchen dasselbe Instrument gebraucht werden; ich benutzte die beiden Thermometer, deren Dimensionen in Poggendorff's Annalen, Bd. 43, S. 49 und Bd. 63, S. 485, angegeben sind, und versah dieselben mit verschiedenen Platindrähten, deren Radius

1) Elemente d. Elektricitätslehre. Breslau 1819 *. S. 116, 117.

von 0,058 bis 0,116 Lin., und deren Länge von 60 bis 97 Lin., je nach dem Bedarfe, variirte. In Versuchen, die direct mit einander verglichen werden sollten, blieb das angewandte Thermometer unverändert.

Glühen nach der Stärke der Ladung.

In einiger Entfernung vom Thermometer wurde ein Platindraht im Schliefsungsbogen angebracht, und die Kugel des Thermometers durch Schirme vor jeder äufseren Einwirkung geschützt. Eine bestimmte Zahl von Flaschen der Batterie wurde mit steigenden Elektricitätsmengen geladen, bis eine Entladung erreicht war, die den Draht in ein am Tage sichtbares Glühen versetzte, jedesmal aber die Erwärmung im Thermometer beobachtet. So wurde mit verschiedener Flaschenzahl verfahren. Die folgenden Beobachtungsreihen geben die Ladungen, die zum Glühen hinreichten, und die dabei beobachteten Erwärmungen des Thermometers.

Versuch 9.

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	Erwärmung des Thermometers.
5	12	20,9
	—	20,0
3	10	
2	8	20,3
3	10	21,6
4	11	21,8
5	12	20,2
	—	20,7.

Versuch 10. Ein neuer Platindraht ergab Folgendes:

2	8	20,7
7	14	20,4
2	8	20,2
	—	20,7.

Versuch 11. An einem dritten Platindrahte wurde das Glühen bei folgenden Ladungen bemerkt:

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	Erwärmung im Thermometer.
3	7,5	20,0
	7,5	20,0
7	11	20,6
3	7,5	20,4.

Es folgt hieraus, dafs das Glühen eines Drahtes eben so wie die Erwärmung desselben, abhängig ist von dem Producte der angewandten Elektricitätsmenge in die Dichtigkeit derselben. Hat man daher in einem bestimmten Schliefsungsbogen die zum Glühen eines Drahtes nöthige Elektricitätsmenge und Flaschenzahl gefunden, so ist die Gröfse jenes Productes gegeben, und es läfst sich für eine beliebige Flaschenzahl die Elektricitätsmenge berechnen, die zum Glühen desselben Drahtes nöthig ist. In den Versuchen 9 und 10 ist jenes Product im Mittel = 31, wonach:

für 2 3 4 5 7 Flaschen
die Elektricitätsm. 7,9 9,6 11 12,4 14,7 gefund. werden.

In Versuch 11 giebt das Product 18 für 3 und 7 Flaschen die Elektricitätsmengen 7,4 und 11,2. Diesen berechneten Elektricitätsmengen schliefsen sich die beobachteten so genau an, wie es sich bei der Natur der Versuche erwarten läfst. Aber das angegebene Gesetz wird in viel genauerer Weise bestätigt durch die Beobachtungen des Thermometers, die bei allen Ladungen eine für Versuche dieser Art (wo die Empfindlichkeit des Auges und die Beleuchtung wesentlich einwirken) überraschende Constanz zeigen. Von den Erwärmungen eines constanten Drahts im Schliefsungsbogen haben meine früheren Versuche gelehrt [1]), dafs sie den Producten der Elektricitätsmenge in die Dichtigkeit derselben proportional sind, und wir hätten daher, auch ohne von den verschiedenen Entladungsströmen die Elektricitätsmenge und Dichtigkeit gemessen zu haben, aus den Beobachtungen des Thermometers allein, das oben ausgespro-

1) Poggendorff's Annalen *, Bd. 40, S. 342.

chene Gesetz abgeleitet. Doch war diese zwiefache Bestimmung hier darum nicht überflüssig, weil bisher, wo die Gesetze der Erwärmung im Schliefsungsbogen angewandt wurden, kein Theil desselben eine bedeutende Erhitzung erfuhr.

Auch in der Folge werden die Wirkungen des Entladungsstroms mit den durch denselben erregten Erwärmungen verglichen werden; wir wollen daher, der Kürze des Ausdrucks wegen, den Strom durch seine erwärmende Kraft messen, und überall unter *Stärke des Entladungsstroms* die Gröfse der Erwärmung verstehen, die derselbe in einem constanten, im Schliefsungsbogen befindlichen Drahte hervorbringt.

Das Resultat dieses Paragraphs läfst sich dann so aussprechen: Kommt ein Draht im Schliefsungsbogen der Batterie durch die Entladung in's Glühen, so geschieht dasselbe bei allen Aenderungen der Flaschenzahl und Elektricitätsmenge, welche die Stärke des Entladungsstromes ungeändert lassen.

Glühen eines Drahtes nach seiner Länge.

In dem 9. Versuche ist ein Platindraht von 26,6 Lin. Länge zum Glühen gebracht worden durch einen Entladungsstrom, dessen Stärke im Mittel 20,8 betrug, in Versuch 10 kam ein Draht gleicher Länge durch einen Strom von 20,4 in's Glühen, und in Versuch 11, wo die Länge des Drahts nur 10,7 Lin. betrug, wurde die Stärke des Stroms 20,3 gefunden. Ich nahm einen ähnlichen Draht, 49,5 Lin. lang, und fand, dafs er zuerst erglühte, wenn das Thermometer 20,8 anzeigte. In diesen, mit verschiedenen Drahtlängen angestellten Versuchen wurde also nahe dieselbe Stromstärke gefunden.

Versuch 12. Ein Platindraht, 15,7 Lin. lang, kam in's Glühen bei:

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	Stärke der Entladung.
4	12	8,3
	12	8,0
7	15	7,7.

Versuch 13. Als ein ähnlicher Draht 77,5 Lin. lang war, fand sich bei seinem Erglühen:

4	22	8,3
	22	8,0
	22	8,0

Ein Draht von 15,7 Lin. Länge glühte also durch den Strom 8,0, und bei einer Länge von 77,5 durch einen Strom gleicher Gröfse, obgleich im letzten Falle eine viel gröfsere Elektricitätsmenge entladen wurde, als im ersten. Es folgt hieraus:

Die zum Glühen eines Drahtes erforderliche Stärke des Entladungsstromes ist von der Länge des Drahts unabhängig.

Nach den beiden vorigen Paragraphen läfst sich die vorher erwähnte Aufgabe (S. 497) übersehen, mit deren experimenteller Lösung (wenn wir nämlich statt der Schmelzung den geringeren elektrischen Effect, das Glühen, setzen) sich einige Physiker beschäftigt haben. Es sey θ die Anzeige eines im constanten Theile des Schliefsungsbogens befindlichen Thermometers, λ, ϱ, x Länge, Radius und Verzögerungskraft eines hinzugesetzten Drahtes, q die Elektricitätsmenge, und s die Flaschenzahl, die bei den Versuchen angewendet werden. Da die Anzeige des Thermometers der Temperatur des darin ausgespannten Drahtes proportional ist, so hat man, wenn a und b vom constanten Theil des Schliefsungsbogens abhängige Constanten bedeuten:

$$\Theta = \frac{a}{1+\frac{b\lambda' x}{\varrho^2}} \cdot \frac{q^2}{s}.$$

Es komme durch diese Entladung der zugesetzte Draht, dessen Länge λ, in's Glühen, und es werde nach der Länge

λ' gefragt, die durch die in ns Flaschen angehäufte Elektricitätsmenge nq glühen werde. Die Thermometeranzeige wird dieselbe, wie vorhin, seyn müssen, man hat daher:

$$\Theta = \frac{na}{1+\frac{b\lambda' x}{\varrho^2}} \cdot \frac{q^2}{s}$$

und hieraus:

$$\lambda' = n\lambda + (n-1)\frac{\varrho^2}{bx}.$$

Zwei Flaschen zu irgend einem Grade geladen, werden also mehr als die doppelte Länge eines Drahtes in's Glühen bringen, der bei Anwendung einer Flasche glüht, aber um wie viel mehr, ist allgemein nicht zu bestimmen. Die Länge λ' hängt nämlich von der Beschaffenheit des zu glühenden Drahtes und von der Gröfse der Constante b ab, die mit der Beschaffenheit des Schliefsungsbogens variirt. Je dünner der zu glühende Draht ist, und aus je besser leitenden Stücken der Schliefsungsbogen besteht, desto näher kommt das gesuchte Verhältnifs dem Verhältnisse der zu dem Versuche gebrauchten Flaschen, hier also dem 2 zu 1, indefs es im entgegengesetzten Falle sich von demselben weit entfernen kann. Eine genauere Angabe der zum Glühen gebrachten Längen wird die obige Formel nicht leisten, da, wie weiter unten gezeigt wird, die Wärmeformeln nicht mehr in aller Strenge gelten, wenn ein Theil des Schliefsungsbogens glüht.

Glühen von Drähten nach der Dicke derselben.

Drei Platindrähte von zunehmender Dicke wurden successiv neben dem Thermometer angebracht; ich beobachtete bei behutsamer Steigerung der Ladung das erste Glühen der Drähte und die gleichzeitige Thermometeränderung.

Versuch 14.

Draht.	Radius in Linien.	Thermometeränderung.	Mittel.
1	0,0181	8,7	
		9,0	
		9,4	
		9,0	9,0
2	0,02089	20,0	
		20,0	
		20,6	
		20,4	20,2
3	0,0261	42,5	
		41,8	
		44,8	43,0.

Das Thermometer wurde mit einem weniger empfindlichen vertauscht, und die Beobachtung an drei anderen Platindrähten angestellt.

Versuch 15.

Draht.	Radius in Linien.	Thermometeränderung.	Mittel.
3	0,0261	5,6	
		6,0	
		6,2	
		5,6	5,8
4	0,02857	8,0	
		8,3	8,1
		8,0	
5	0,04053	31,3	
		30,8	
		31,0	31,0.

Die Vergleichung der Thermometeränderungen mit den Radien der glühenden Drähte zeigt, dafs die ersteren den Biquadraten der letzteren proportional sind. Nimmt man nämlich als Mittelzahlen 9394 Grade für das erste und 1202° für das zweite Thermometer an, bei welchen ein Platindraht von 0,1 Lin. Radius so eben glühen würde, so hat man für die Thermometeränderung Θ oder die Stärke des Entladungsstromes, der einen Draht von r Zehntellinie Radius in's Glühen bringen würde, die Gleichung:

$$\Theta = \frac{9394}{1202} \Big\} r^4$$

wonach sich folgende Zusammenstellung ergiebt:

Draht.	Stärke des Entladungsstromes beim Glühen. Berechnet.	Beobachtet.
1	10,0	9,0
2	17,9	20,2
3	43,9	43,0
3	5,6	5,8
4	8,0	8,1
5	32,4	31,0.

Die Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung mufs genügend genannt werden, da zu den andern bedeutenden Fehlerquellen bei diesen Versuchen noch die Schwierigkeit hinzukommt, bei verschieden dikken Drähten über einen gleichen Grad des Glühens zu entscheiden.

Die Stärke des Entladungsstromes einer Batterie, die zum Glühen eines Drahtes erfordert wird, ist dem Biquadrate des Radius desselben proportional.

Glühen von Drähten verschiedener Metalle.

Die Schwierigkeit, einen bestimmten Grad des Glühens an verschiedenen Drähten zu beobachten, wird noch bedeutend erhöht, wenn die Drähte aus verschiedenem Metalle bestehen. Nicht allein dafs die Farbe des Metalls, seine gröfsere oder geringere Oxydirbarkeit die Beobachtung unsicher machen, so tritt noch ein Umstand hinzu, von dem S. 511 die Rede seyn wird. Es ist nämlich bei einigen Metallen nicht leicht, den Draht glühend und unverletzt zu erhalten, wie es zu dem hier vorliegenden Zweck unerläfslich ist. Die Drähte, an welchen die folgenden Versuche angestellt wurden, sind ohne weitere chemische Prüfung angewandt worden. Nur ein Draht, der angeblich aus Gold bestand und ein auffallendes Resultat geliefert hatte, wurde chemisch unter-

sucht, und da er sich als sehr unrein erwies, verworfen. Jeder Draht wurde behutsam gesteigerten Entladungen ausgesetzt, und die Thermometerangabe bei dem ersten am Tage sichtbaren Glühen desselben bemerkt. Wenn der Versuch an demselben Drahte wiederholt wurde, so sind in der folgenden Tafel die Thermometerangaben dicht zusammengerückt; Versuche an verschiedenen Drähten sind durch einen Zwischenraum getrennt. Die in die zweite Verticalreihe gestellten Temperaturangaben sind gröfstentheils mehrere Wochen später gefunden, als die der ersten Reihe.

	Metall des Drahts.	Radius in Lin.	Thermometerangabe bei dem Glühen.		Mittel.
Vers. 16	Platin	0,03958	25,3	24,8	
			24,9	24,9	25,0
17	Neusilber	0,04030	25,5	25,6	25,55
18	Eisen	0,04006	19,0	19,4	
			19,8	19,4	
			19,5		19,42
19	Palladium	0,03951	26,3		
			26,4		
			26,8		26,5
20	Messing	0,02461	10,9		
			10,4		
			10,8		10,7.

Die folgenden Versuche wurden mit einem empfindlicheren Thermometer angestellt.

Vers. 21	Silber	0,02641	60,0		
			63,5		
			60,0	63,4	
			56,3	63,5	
			59,6		
			58,5		60,6

	Metall des Drahts.	Radius in Lin.	Thermometerangabe bei dem Glühen.		Mittel.
Vers. 22	Eisen	0,0266	11,1	11,4	
			10,8	11,4	
			11,3	11,8	
			11,6		
			11,3	11,4	
				11,0	
				11,1	
				11,2	11,3
23	Kupfer	0,0253	61,5	63,4	
			63,0	61,0	
			62,7	59,8	
			60,7		
			60,2		61,5
24	Platin	0,0258	10,9		
			11,4		
			11,2		11,2
		0,03879		57,0	
				56,8	56,9
25	Messing	0,02461	21,2		
			22,2		
			21,2		
			21,0		21,4.

Um den Einfluſs der verschiedenen Dicke der Drähte fortzuschaffen hat man nach S. 505 jede Thermometerangabe durch das Biquadrat des Halbmessers des zugehörigen Drahtes zu dividiren. Man erhält dadurch Werthe der Erwärmung eines im Schlieſsungsbogen befindlichen Thermometers und relative Werthe der Stärke des Entladungsstromes, die zum Glühen von Drähten gleicher Dicke und verschiedenen Metalles erfordert wird.

Nach den aus den Versuchen abgeleiteten Mittelzahlen ergiebt sich die folgende Reihe der Metalle nach zunehmender Stromstärke geordnet, für welche der dem

Platin zukommende Entladungsstrom zur Einheit genommen ist.

Es glüht:	bei der Stromstärke i
Eisen	0,816
Neusilber	0,950
Platin	1
Palladium	1,07
Messing	2,59
Silber	4,98
Kupfer	5,95.

Mit Hülfe dieser Tafel kann man, wenn das Glühen eines Drahtes und die dabei stattfindende Thermometeranzeige beobachtet ist, die Thermometerangabe berechnen, die bei dem Glühen eines anderen Drahtes eintreten wird. Es sey Thermometerangabe, Radius, relative Stromstärke

für den ersten Draht θ r i

für den zweiten Draht θ' r' i',

so besteht die Relation:

$$\theta' = \frac{i'}{i}\left(\frac{r'}{r}\right)^4 \theta.$$

Hat man zum Beispiel im Schliefsungsbogen ein elektrisches Thermometer, das um 25,5 Grade sinkt, während an einer anderen Stelle des Bogens ein Neusilberdraht von r Linie Radius durch die Entladung glüht, so wird, wenn ein Kupferdraht von r' Linie Radius in's Glühen kommen soll, das Thermometer um $\frac{5,95}{0,95} 25,5 \left(\frac{r'}{r}\right)^4$ Grade sinken müssen.

Obgleich den Zahlen der mitgetheilten Reihe, der Natur der Versuche nach, keine grofse Genauigkeit zugeschrieben werden kann, so ist doch ersichtlich, dafs sie von der elektrischen Verzögerungskraft abhangen, und im Allgemeinen wachsen, wenn diese abnimmt. Aufserdem hat die Wärmecapacität und das specifische Gewicht auf dieselben einen Einflufs, der jedoch keines-

wegs nach den Gesetzen auftritt, die ich bei der reinen Wärmeerregung gefunden habe [1]). Wäre diefs nämlich der Fall, so müfste die Stromstärke in die Verzögerungskraft multiplicirt und durch das Product der Wärmecapacität in das specifische Gewicht dividirt, bei jedem Metalle nahe denselben Quotient geben, was nicht geschieht. Es sind bei dem Glühen der Metalle noch andere Eigenschaften derselben, als die genannten, von Einflufs, die nicht in Rechnung gesetzt werden können. Wahrscheinlich sind diefs die Sprödigkeit und die Leichtigkeit, mit der die Metalle den Sauerstoff der Luft aufnehmen. (Die leichter oxydirbaren Metalle, wie Eisen, Messing, Kupfer, laufen vor dem Glühen mit verschiedenen Farben an.) Die Zahlen der obigen Reihe können daher nur für Constanten gelten, die empirisch bestimmt werden müssen.

Erscheinungen, die dem Glühen folgen.

Die Zerreifsung.

Ein Platindraht von 0,0209 Lin. Radius und 10 Lin. Länge wurde in den Auslader eingelegt und steigenden Entladungen ausgesetzt.

Versuch 26.

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	
4 *	9	der Draht glüht so eben.
	10	derselbe rothglühend.
	11	stark weifsglühend.
	12	er reifst in der Mitte ab.

Ein neuer Draht von denselben Dimensionen.

4 *	12	der Draht stark weifsglühend.
	12½	ein Drahtstück ¾''' lang bleibt in der innern (mit dem Innern der Batterie verbundenen) Klemme, der übrige Draht in drei Stücke zerrissen.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 45, S. 23.

Versuch 27. Ein 16 Lin. langer Platindraht von 0,0261 Radius gab folgende Erscheinungen:

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	
4	12	der Draht glüht.
	14	derselbe heftig glühend.
	15	weifsglühend.
	16	in drei hakige Stücke zerrissen.

Aehnliche Versuche gaben dieselben Resultate. Platindrähte wurden durch Entladung einer bestimmten Elektricitätsmenge glühend, bei gesteigerter Menge weifsglühend, und wurden dann von ihren Befestigungen losgerissen. Diese Zerreifsung findet häufiger in der Nähe der Befestigungen statt, als entfernt davon, die zurückbleibenden vor den Klemmen hervorragenden Drahtstücke sind gewöhnlich nur kurz, zuweilen fehlen sie ganz. Der Anblick der Enden der zerstückten Drähte lehrt, dafs hier überall eine Zerreifsung, keine Zerschmelzung vorliegt, wovon unten noch andere Beweise gegeben werden.

Ich will hier beiläufig einige irrige Angaben früherer Beobachter berichtigen. Wenn man das heftige Erglühen eines Drahtes durch die Entladung beobachtet, so scheint es, als ob die Gluth an einem Ende des Drahtes anfange, und bis zum andern Ende fortschreite. Cavallo [1]) giebt diefs Fortschreiten stets vom positiven Ende des Drahts (dem der positiv geladenen Belegung der Batterie zunächst liegenden) zum negativen Ende an, und sieht darin eine Oculardemonstration der Theorie Einer elektrischen Materie. Ich wurde auf die Erscheinung aufmerksam, ehe ich jene Notiz kannte, merkte aber, bis auf Einen Fall, stets das entgegengesetzte Fortschreiten der Gluth an, nämlich von der negativ geladenen (äufseren) Belegung der Batterie zur inneren positiven. Um keinen Zweifel übrig zu lassen, dafs hier eine durch Stellung des Apparates bedingte Augentäu-

1) *Treatise of electricity* *. *Lond.* 1795. *Vol. I, p.* 311.

schung stattfinde, lud ich eine Batterie mit positiver Elektricität, und bemerkte deutlich das von der äufseren nach der inneren Seite des Drahts fortschreitende Glühen, und ganz dasselbe, als ich die Batterie mit negativer Elektricität geladen hatte.

van Marum will gefunden haben, dafs wenn ein Draht zum Theil zerstört wird (er nimmt überall eine Schmelzung an), stets der der positiven Belegung der Batterie zunächst liegende Theil zerstört ist, und der übrigbleibende mit der negativen Belegung in Verbindung bleibe; auch er findet diefs durch die Annahme Einer elektrischen Materie erklärlich. Ich habe indefs bei positiver Ladung der Batterie die Drähte theils an der äufseren, theils an der inneren Seite abgerissen gefunden, so dafs gleichgültig die positive oder negative Klemme das übriggebliebene Drahtstück trug.

Aus den S. 509 mitgetheilten Versuchen folgt, dafs die zur Zerreifsung eines Platindrahtes nöthige Elektricitätsmenge um einen bedeutenden Theil gröfser ist, als die, welche zum ersten Glühen des Drahtes hinreicht. Diese Elektricitätsmenge mufs sogar noch etwas vermehrt werden, wenn sie gleich bei der ersten Entladung eine Zerreifsung bewirken soll. Ein Platindraht nämlich, der schon einige Stufen der Glühung durchgemacht hat, wird durch eine Entladung zerrissen, die einen neuen Draht erst in heftiges Weifsglühen versetzen würde. Ferner müssen alle Drähte, an welchen Glühversuche angestellt werden, im Schliefsungsbogen schlaff liegen, da straff gespannte Drähte oft durch geringe Elektricitätsmengen vor dem Glühen zerrissen werden, wie schon oben (S. 491) bemerkt worden ist.

Auch Drähte anderer Metalle, die durch Entladung einer bestimmten Elektricitätsmenge glühen, werden durch eine gröfsere Menge von ihren Befestigungen abgerissen;

1) Beschreibung einer grofsen Elektrisirmaschine *. Erste Fortsetzung, S. 11.

aber der Theil, um den zu diesem Effecte die zum Glühen nöthige Elektricitätsmenge vermehrt werden mufs, ist nach den Metallen verschieden. Während derselbe bei Platin und Palladium ziemlich grofs gefunden wurde, ist er bei Kupfer kleiner, bei Silber und Eisen noch geringer, und bei Messing und Neusilber aufserordentlich klein. Bei Drähten der beiden zuletztgenannten Metalle kommt es daher häufig vor, dafs wenn an ihnen eine Elektricitätsmenge das erste unzweideutige Glühen hervorbringt, die folgende Entladung derselben Menge schon eine Zerreifsung bewirkt. Selbst bei neuen Messing- und Neusilberdrähten kam es vor, dafs eine Steigerung der entladenen Elektricitätsmenge um kaum $\frac{1}{28}$ das anfangende Glühen in ein Zerreifsen verwandelte.

Die Zersplitterung.

Setzt man Drähte einer stärkeren Entladung aus, als der zu ihrer Zerreifsung nöthigen, so zersplittern sie unter Lichterscheinung in eine gröfsere oder geringere Menge kleiner Stücke, die bis in einige Entfernung verstreut werden. An den aufgesammelten Stücken läfst sich erkennen, dafs die Zerstückelung des Drahtes von einer Zerschlitzung und Zersplitterung herrührt, und dafs eine Schmelzung, wo sie auftritt, nur secundär erscheint. Ich werde von meinen Versuchen hierüber vorzugsweise die herausheben, bei welchen die Drahtstücke aufbewahrt wurden, und daher noch jetzt der Prüfung vorliegen.

Versuch 28. Ein Platindraht, 0,079 Linie dick, 16 Linien lang, wurde, mit einer Glasröhre von $7\frac{1}{2}$ Lin. Weite umgeben, im Schliefsungsbogen befestigt. Die Entladung der in sieben Flaschen angehäuften Elektricitätsmenge 22 brachte diesen Draht so eben in's Glühen und die Elektricitätsmenge 35 zerrifs ihn in Stücke, die in der Röhre gefunden wurden. Diese Stücke hatten an der Oberfläche deutliche Zeichen von Schmelzung und vier der gröfsten von ihnen erschienen zu einer verschlun-

ge-

genen Figur zusammengelöthet, was darauf deutete, dafs sie heifs gegen einander und gegen die Wandung der Röhre geschleudert worden waren. Aber die Enden aller Stücke waren nicht geschmolzen, die meisten erschienen schon dem ersten Anblicke scharf zugespitzt. Ein ziemlich gerades Stück wurde unter das Mikroskop gebracht, die Oberfläche desselben erschien höckerig. Eine Messung mit dem Schraubenmikrometer gab den Durchmesser in der Mitte 0,081 Linie

0,083 -

an dem einen Ende 0,022 -

0,029 -.

Der Draht war also an diesem Stücke der Länge nach zerrissen worden. Dasselbe wurde an dem ungefähr 1 Linie langen Drahtstück gefunden, das in der inneren Klemme übrig geblieben war. Der Durchmesser desselben war an verschiedenen Stellen, von der Klemme an gegen die Spitze zu gemessen, 0,059 Linie

0,013 -

0,009 -

0,005 -

Versuch 29. Ein Platindraht von 0,042 Linie Dicke wurde durch die in 3 * Flaschen angehäufte Elektricitätsmenge 8 glühend und durch die Menge 12 zerrissen. Ein schleifenförmiges Stück war an einem Ende deutlich der Länge nach abgerissen. Unter dem Mikroskope fand sich der dickste Theil dieses Endes 0,043, der dünnste 0,018 Linie dick. Ein Draht gleicher Dicke, der durch die in 4 * Flasche angehäufte Elektricitätsmenge 12½ zerrissen war, lieferte ein Stück, dessen eines Ende unter dem Mikroskope ausgezackt erschien.

Wir haben hier also Beweise von Zerreifsungen von Drähten in der Richtung ihrer Axe, die mit der Annahme einer theilweisen Zerschmelzung der Drähte gänzlich unvereinbar sind, wodurch van Marum das Zerfallen der

Drähte in Stücke zu erklären glaubte [1]). Selbst die oberflächlichen Schmelzungen, die hier noch nebenbei auftreten, lassen sich durch behutsame Steigerung der Ladung gänzlich vermeiden. Die folgenden Versuche wurden an Drähten angestellt, die sich in der Mitte einer 7 Zoll hohen, 5¾ Zoll weiten Glasglocke befanden.

Versuch 30. Ein Platindraht, 19 Lin. lang, *rad* 0,0258, glühte durch die Elektricitätsmenge 12 in 5 Flaschen. Die Menge 17 zersplitterte ihn in eine Menge kleiner Stücke, die keine Spur von Schmelzung zeigten.

Versuch 31. Ein Kupferdraht, 18 Lin. lang, *rad* 0,0253, glühte durch die Elektricitätsmenge 23 in 5 Flaschen. Bei der Menge 27 rifs er hart an der äufseren Klemme und mehrere Linien von der inneren Klemme entfernt ab, und wurde in Stücke verwandelt, die zum Theil noch die durch die früheren Entladungen hervorgebrachten Biegungen zeigten.

Versuch 32. Ein Silberdraht, 17 Lin. lang, *rad* 0,0264, glühte durch die Elektricitätsmenge 22, durch die Menge 24 wurde er hart an der inneren Klemme abgerissen und zersplitterte, an der äufseren Klemme blieb ein ungefähr linienlanges Stück stehen.

Bei Metallen, die unter der Glühhitze schmelzen, tritt die elektrische Zerreifsung ohne Glühen ein. Ein Zinndraht, 18 Lin. lang, wurde durch die in 5 Flaschen angehäufte Elektricitätsmenge 10 in kleine Stücke zerrissen. Auch der folgende Versuch giebt hiervon ein Beispiel.

Versuch 33. Ein Cadmiumdraht, 20 Linien lang, *rad* 0,0394, rifs durch die Elektricitätsmenge 12 in 5 Flaschen, und zersplitterte durch die Menge 15 in ziemlich gerade Stücke, die keine Schmelzung zeigten.

Die Schmelzung.

Durch fortwährend gesteigerte Entladungen zersplittern die Drähte in immer kleinere Stücke, diese schmel-

1) Beschreibung u. s. w. *. Erste Forts., S. 12.

zen an der Oberfläche und an den Enden, und fliefsen zuletzt zu Kugeln zusammen. Ueberall werden die Drähte hart an ihren Befestigungen abgerissen, die Stücke weit fortgeschleudert. Es ist nicht schwer, das erste Stadium des Schmelzens festzuhalten und an demselben Drahte neben der Schmelzung die Zersplitterung zu zeigen. Alle folgenden Versuche wurden unter der Glasglocke angestellt, die zerstreuten Drahtstücke auf einem untergelegten Papierblatte gesammelt.

Versuch 34. Ein Platindraht von 0,0258 *rad* und 19 Lin. Länge wurde, bei Anwendung der Flaschenzahl $s=5$ und Elektricitätsmenge $q=11$, glühend; die Elektricitätsmenge 20 zersplitterte und schmelzte ihn. Viele, ungefähr $\frac{1}{2}$ Linie lange Stücke hatten Kugeln an den Enden erhalten, aufserdem fanden sich einzelne Kugeln und ungeschmelzte Drahtsplitter vor.

Versuch 35. Ein Silberdraht (*rad* 0,0261 Länge 20 Lin.) zersplitterte und schmolz bei $s=6$ $q=26$. Aufser einzelnen Kugeln wurden zum Theil verbogene und angeschmelzte Splitter gesammelt.

Versuch 36. Ein Zinndraht (*rad* 0''',037 Länge 15''') wurde durch eine Entladung bei $s=5$ $q=8$ von seinen Befestigungen abgerissen; ein neuer Draht zersplitterte durch die Elektricitätsmenge 15, und es blieben sichtbar geschmelzte Stücke davon zurück. Bei Anwendung einer gröfseren Menge (20) tröpfelten Kugeln von dem Drahte ab, die unter der bekannten Feuererscheinung herumhüpfend oxydirt wurden.

Eine vollkommene Schmelzung von Drähten wurde in den folgenden Versuchen erhalten.

Versuch 37. Ein Platindraht mit dem in Versuch 34 von gleichen Dimensionen wurde durch eine Entladung mit $s=5$ $q=22$ in viele kleine, vollkommen runde Kugeln geschmelzt.

Versuch 38. Ein Silberdraht (*rad* 0,0264 Länge 19 Lin.) wurde mit $s=6$ $q=26$ zu Kugeln geschmelzt.

Versuch 39. Ein Kupferdraht (*rad* 0,0253 Länge 16 Lin.) glühte bei $s=6$ $q=25$, und wurde durch die Entladung von $q=30$ in einen Haufen äufserst feiner Kugeln verwandelt, die zum Theil nur mit der Lupe erkannt werden konnten. Ich habe mehrere vergebliche Versuche angestellt, das Kupfer in gröfseren Kugeln zu erhalten.

In diesem Versuche könnte es auffallen, dafs die zur vollkommenen Schmelzung nöthige Ladung nicht viel gröfser ist als die, durch welche das erste Glühen des Drahtes erzeugt wird. Bei den oxydirbaren Metallen wird aber die Temperatur gesteigert durch die Aufnahme des Sauerstoffs aus der Luft, und es tritt daher zu dem elektrischen Effecte noch ein chemischer hinzu. Am auffallendsten zeigt sich diefs bei dem Eisen, das oft bei Entladungen schmilzt, die direct nur ein mäfsiges Glühen erzeugt haben würden. Aber die Art des Schmelzens ist dann eigenthümlich, wie die folgenden Versuche zeigen.

Versuch 40. Ein Eisendraht von 0''',0266 Radius und 17''' Länge, der bei $s=3$ $q=10$ das erste Glühen gezeigt haben würde, kam durch Entladung der Elektricitätsmenge 13 in starkes Glühen. Die Gluth hörte nicht, wie sonst überall, augenblicklich auf, sondern steigerte sich bis zur Weifsgluth; es tröpfelten einige Kugeln vom Drahte ab, und hüpften unter heftigem Funkensprühen auf der Unterlage umher. Die in den Klemmen zurückgebliebenen, einige Linien langen Drahtenden schmolzen zu Kugeln, behielten aber die Lage, welche sie vor dem Versuche gehabt hatten.

Ganz anders verhält sich der Eisendraht bei stärkeren Entladungen, selbst wenn diese nicht zur vollkommenen Schmelzung hinreichen.

Versuch 41. Ein Eisendraht von 0,04 Lin. Radius, 16 Lin. Länge kam bei $s=7$ $q=25$ zum Glühen. Bei $q=30$ wurde er glühend zerrissen und zerflofs, so dafs drei Kugeln, die hüpfend oxydirt wurden, und drei Stücke

gesammelt werden konnten. Die langen, in den Klemmen zurückgebliebenen Drahtenden waren um diese gewaltsam herumgebogen; an dem einen Ende schmolz eine Kugel.

Es ist bekannt, dafs dünne Eisendrähte, glühend aus dem Feuer genommen, wenn sie nicht früher an der Oberfläche oxydirt waren, sich bis zum Schmelzen erhitzen, und dafs schmelzendes Kupfer durch Aufnahme von Sauerstoff in einen pulverigen Zustand übergeht. Die obigen Versuche zeigen, dafs bei der elektrischen Schmelzung dieser beiden Metalle die Aufnahme von Sauerstoff wesentlich mitwirkt, und wahrscheinlich findet dasselbe bei allen Metallen statt. Dafür spricht die von verschiedenen Beobachtern gefundene Thatsache, dafs selbst Platin in einer evacuirten Glocke viel schwerer durch Elektricität schmilzt als in freier Luft.

Die elektrische Schmelzung ist ein sehr complicirtes Phänomen, und eine Reihe der Metalle nach der Stärke des Entladungsstromes, die zu ihrer Schmelzung nöthig ist, aufzustellen, wird dadurch unmöglich, dafs derselbe Grad des Schmelzens bei allen Metallen nicht zu erzielen ist. Silber und besonders Kupfer ist nur in feinen Kugeln, Messing und Neusilber gar nicht in Kugeln zu erhalten. Es würde also nur die Gröfse der geschmelzten Stücke zum Anhaltspunkte genommen werden können, die von vielen Zufälligkeiten abhängt. Im Allgemeinen ist zu merken, dafs bei allen Metallen die Schmelzung nach der Zerreifsung eintritt, und diese bei den Metallen, die ungeschmolzen glühen, nach dem ersten Auftreten des am Tage sichtbaren Glühens. Für diese letzte Erscheinung sind die Gesetze oben entwickelt worden.

Rückstand der Ladung bei dem Schmelzen.

van Marum [1]) hat bemerkt, dafs eine bestimmte Ladung der Batterie erfordert wird, um eine gegebene

1) Beschreibung u. s. w. *. Erste Fortsetzung, S. 13.

Drahtlänge zu schmelzen, dafs aber nur ein Theil der angesammelten Elektricitätsmenge zur Schmelzung verwendet wird, und ein anderer Theil in der Batterie zurückbleibt, der bedeutend gröfser als das gewöhnliche Residuum ist.

Ich habe die Gröfse dieses zurückbleibenden Theils durch folgende Versuche zu bestimmen gesucht, die mit der zu Anfange gebrauchten Batterie angestellt wurden.

Versuch 42. Ein Platindraht (*rad* 0,02089, Länge 15 Lin.) wurde in dem Schliefsungsbogen angebracht, und, wenn er zerstört war, durch einen ganz gleichen ersetzt. Es traten bei der Entladung verschiedener Elektricitätsmengen folgende Erscheinungen ein.

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	
5 *	12	der Draht hellglühend.
	14	verbogen, abgerissen.
	15	in drei Stücke zerrissen.
	17	zu Kugeln geschmelzt.
(Die Batterie gleich nach der Entladung isolirt.)		
	12	Der Draht in Stücke zerrissen.

Nach diesem vorläufigen Versuche konnte die Elektricitätsmenge so gewählt werden, dafs bei dem einen Draht Glühen und Schmelzen, bei dem andern aber sogleich die Schmelzung eintrat, zu der, weil die Batterie nach Zerstörung des ersten Drahts isolirt worden war, die in der Batterie zurückgebliebene Elektricitätsmenge mitwirkte. Um die Zeit zwischen den beiden Schmelzungen abzukürzen, wurden beide Drähte sogleich in der einen Klemme befestigt, während in die andere Klemme zuerst das Ende des ersten, dann das Ende des zweiten Drahts gebracht wurde.

Versuch 43.

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	
5 *	13	der erste Draht hellglühend.
	17	schmilzt zu Kugeln.
	13	der zweite Draht schmilzt zu Kugeln.

Dieser Versuch wurde mit gleichem Erfolge noch zweimal angestellt.

Es war also zur vollkommenen Schmelzung dieser Drähte die Elektricitätsmenge 17 nöthig; da nun nach der ersten Schmelzung die Hinzuführung der Menge 13 zu dieser Wirkung hinreichte, so mufste bei der ersten Schmelzung die Elektricitätsmenge 4 oder nahe 0,23 der ganzen Ladung in der Batterie zurückgeblieben seyn. Dieser Rückstand erscheint sehr grofs, selbst wenn man davon absieht, dafs die Entladung durch vollkommen metallische Verbindung beider Belegungen geschah. Bei Entladung in der Hauptschlagweite, wo also der Schliefsungsbogen durch eine Luftschicht unterbrochen war, behielt diese Batterie, wie mich frühere Versuche gelehrt hatten [1]), nur $\frac{2}{13}$ oder 0,15 der ganzen Elektricitätsmenge. Der bedeutend gröfsere Rückstand in dem vorliegenden Falle zeigt demnach, dafs die Continuität des Platindrahts früher gelöst war, als die vollständige Entladung in der Schlagweite zu Stande kommen konnte, diese Lösung also in aufserordentlich kurzer Zeit, gleich bei den ersten Partialentladungen geschehen seyn mufste. Es ist diefs ein neuer Beleg dafür, dafs die elektrische Schmelzung der Metalle nicht durch allmälige Steigerung der Erhitzung geschieht, sondern dafs dabei eine schneller wirkende mechanische Gewalt thätig ist.

Die Zerstäubung.

Die erste direct sichtbare Wirkung der elektrischen Entladung auf einen neuen Draht besteht, wie S. 488 bemerkt worden, in der Bildung einer Dampfwolke, die sich von dem Drahte erhebt. Es ist wahrscheinlich gemacht worden, dafs dieser Dampf aus Metalltheilchen besteht, die von der Oberfläche des Drahts losgerissen werden, und deren Menge daher von der Beschaffenheit dieser Oberfläche abhängt. Durch Steigerung der Ladung

1) Poggendorff's Annalen *, Bd. 53, S. 11.

über den Punkt hinaus, wo sie den Draht bei der Entladung vollkommen schmelzen würde, ist es möglich, die ganze Drahtmasse in solchen Dampf zu verwandeln. Diese Verwandlung geschieht unter glänzender Lichtentwicklung und mit einem starken Knalle.

Versuch 44. Durch einen Platindraht (*rad* 0,0209, Länge 15 Lin.), der durch eine Entladung bei $s=5$ und $q=13$ glühend wurde und mit $q=17$ zu Kugeln schmolz, wurde, nachdem er mit einer Glasröhre bedeckt war, die Elektricitätsmenge 22 entladen. Er verschwand mit glänzendem Lichte, und in der Röhre zeigte sich ein grauer abwischbarer Anflug.

Derselbe Versuch wurde in freier Luft wiederholt, wobei ein Glimmerblatt horizontal einige Linien über dem Drahte angebracht war. Der Dampf in den der Draht verwandelt war, überzog den Glimmer mit grauen und schwärzlichen Flecken, die unter dem Mikroskope bei 280facher Vergröfserung aus Metallbrocken verschiedener Gröfse und Gestalt zusammengesetzt erscheinen. Es fanden sich verhältnifsmäfsig wenige zusammengeschmolzene Stücke und Kugeln vor. Die Zertheilung des Drahtes rührte augenscheinlich von einer wirklichen Zerstäubung her, einer mechanischen Trennung des Metalles in kleine Theile. Diese Zerstäubung ist bei allen Metallen hervorzubringen, aber die dazu nöthige Stärke der Entladung steht nicht im Verhältnisse zu der, bei welcher die Metalle schmelzen. So schmilzt Zinn durch eine geringere Ladung als Cadmium, aber die Entladung, bei welcher das letzte Metall vollkommen zerstäubte, liefs den gröfsten Theil des Zinns in geschmolzenem Zustande zurück. Die Sprödigkeit der Metalle ist auf die Zerstäubung offenbar von grofsem Einflusse.

Fein vertheiltes Metall, von welchem viele Theile die Schmelzhitze besitzen, befindet sich in einem sehr günstigen Zustande, Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen und sich in Oxyd zu verwandeln. Zerstäubt daher Me-

tall durch Elektricität in freier Luft, so findet sich dasselbe gröſstentheils als Oxyd wieder. Zur Zeit, als die ersten sorgfältigen Versuche dieser Art angestellt wurden [1]), erlaubte die Lavoisier'sche Oxydationslehre noch eine Controverse, und wir finden daher die meisten jener Versuche als Oxydationsversuche zur Lösung chemischer Fragen angewendet, die jetzt kein Interesse mehr haben. van Marum hat die Metalloxyde dadurch sichtbar gemacht, daſs er Metalldrähte in $\frac{1}{8}$ Zoll Entfernung über Papierblättern zerstäuben lieſs, wodurch letztere auf mannigfache Weise gefärbt wurden. Ich habe einige solcher Figuren dargestellt unter beschränktem Zutritte der Luft, indem die Drähte zwischen Papier gelegt und durch ein Gewicht von 1 Pfund beschwert wurden. Hier sind auſser den Färbungen durch Oxyde auch die durch reine Metalle sichtbar. Dieſs ist besonders bei Kupfer und Cadmium auffallend, indem sich durch dunkelfarbige Verzweigungen metallische Adern hindurchschlingen, die sich durch Farbe und Glanz auszeichnen. Es ist übrigens sonst schon bekannt, daſs in irrespirablen Gasen und im luftverdünnten Raume die Metalle durch Elektricität regulinisch zerstäuben [2]). Hiermit wird die Vorstellung gänzlich zurückgewiesen, daſs die Metalle mit Hülfe der Elektricität nur oxydirt werden und die Oxyde zerstäuben.

1) v. Marum, Beschreibung. Erste Forts. *, S. 13. Cuthbertson, Nicholson's Journal, V, p. 136. Gilbert's Annalen *, Bd. 11, S. 400. Singer, Elemente der Elektricitätslehre *. Breslau 1819, S. 122.

2) Guyton-Morveau, Gilbert's Annalen *, Bd. 32, S. 55. van Marum, Beschreibung. Erste Fortsetzung *, S. 26.

Mechanismus des Glühens und Schmelzens durch Elektricität.

Mechanismus des Schmelzens.

Die einzelnen hervorstechenden Wirkungen steigender elektrischer Entladungen auf einen Metalldraht bilden, wenn man von der schwächsten Entladung anfängt, folgende Reihe: der Draht wird warm, er wird erschüttert, er erhält Einbiegungen, er glüht, er reifst von seinen Befestigungen ab, er zersplittert, er schmilzt, er zerstäubt. Die mechanischen und die thermischen Erscheinungen wechseln hier mit einander ab, aber häufig sind sie gleichzeitig nachweisbar. Es findet kein Glühen des Drahtes statt, ohne dafs eine Verbiegung desselben nachgewiesen werden könnte, und selten wird eine Schmelzung erhalten, bei welcher nicht Spuren der Zersplitterung vorkämen. Nur bei dem ersten Gliede der Reihe kommt die thermische Wirkung isolirt vor; soll der Vorgang bei einer der höheren Stufen abgeleitet werden, so hat man diese nicht minder wie die mechanische Wirkung in Betracht zu ziehen.

Was die Schmelzung betrifft, so lehren die vorgelegten Versuche den Vorgang bei derselben so deutlich kennen, dafs hier nur wenige Worte hinzuzufügen bleiben. Wir haben gesehen, dafs durch gesteigerte Entladungen ein Draht in Splitter zerrissen wurde, die keine Schmelzung zeigten, dafs derselbe in geschmelzte Splitter zerfiel, und dafs er endlich zu Kugeln geschmelzt wurde. Auch in diesem letzten Falle zeigt sich die Zersplitterung des Drahtes durch die Gewalt, mit der die Kugeln umhergeworfen werden. Wird eine gröfsere Metallmasse nur oberflächlich geschmelzt, so zeigt der niemals fehlende Dampf die mechanische Wirkung, die mit der Schmelzung verbunden ist; dann sind es nicht die fortgeschleuderten Metalltheilchen, welche die Schmelzung erleiden, aber sie machen die Schmelzung des übri-

gen Metalles möglich, indem sie die Oberfläche desselben auflockern und zerreifsen. Ueberall wo die elektrische Schmelzung eintritt, ist eine mechanische Trennung der geschmelzten Masse sichtbar, und jene kann daher nur als Wirkung der Hitze auf fein zertheiltes Metall gefafst werden. Wenn Feuer auf ein Metall wirkt, so erhitzt es dasselbe fortwährend als ganze zusammenhängende Masse bis zum Schmelzen, die Elektricität hingegen erhitzt das Metall nur bis zu Temperaturen unter dem Schmelzpunkte, und schmelzt durch gleichzeitige Zersplitterung und Erhitzung. Hierin liegt der wesentliche Unterschied zwischen dem Schmelzen durch Feuer und dem durch Elektricität, der Franklin und Berthollet zu der in der Einleitung angeführten Ansicht führte, nach welcher in der elektrischen Schmelzung die Cohäsion der Metalle direct, ohne Hülfe der Wärme, gelöst werden sollte. Aber darin verstöfst jene Ansicht, dafs auf die Wärmeerregung, die jede elektrische Entladung erzeugt, lange zuvor sie eine mechanische Wirkung hervorbringt, keine Rücksicht genommen wird, da doch noch bei der letzten und feinsten Zertheilung der Metalle, der Zerstäubung, die Hitze thätig ist, wie das leichte Oxydiren der Metalle zeigt. Der Mechanismus der elektrischen Schmelzung wird von dem der gewöhnlichen Schmelzung getrennt, indem wir aussprechen:

Die Elektricität schmelzt Metalle durch gleichzeitige Zersplitterung und Erhitzung.

Mechanismus des Glühens.

Auch das Glühen tritt aus dem Kreise der reinen elektrischen Wärmeerscheinungen heraus; die mechanischen Wirkungen, die ihm vorangehen, die Dampfbildung, die Erschütterung und hauptsächlich die niemals fehlende Verbiegung des Drahts zeigen diefs auf directe Weise. Indirect ist es daraus zu schliefsen, dafs die Steigerung der elektrischen Erwärmung durch Aenderung

des Schliefsungsbogens und der Ladung, deren Gesetze für niedrige Temperaturen bekannt sind, nicht zureicht die Glühtemperatur abzuleiten (S. 484, 485), und dafs, nach der Stromstärke, die zum Glühen eines Metalles hinreicht, die Stromstärke nicht zu berechnen ist, die ein anderes Metall dazu erfordert. Bei Drähten desselben Metalles, die nur in den Dimensionen verschieden sind, ist die Abhängigkeit des Glühens von der Stromstärke genau so gefunden worden, wie sie durch die früher ermittelten Gesetze der Wärmeerregung in verschiedenen Drähten bestimmt werden konnte. Gleiche Temperaturen in verschieden abgemessenen Drähten setzen dieselben Verhältnisse der Erwärmungen eines constanten Drahtes voraus, wie dieselben hier für das Glühen wirklich gefunden worden sind. Die Abweichung von dem Gange der regelrechten Erwärmungen wird aber auch hier merklich, wenn man die Thermometeränderungen in einem constanten Schliefsungsbogen bei veränderten Ladungen mit einander vergleicht. Es gilt nämlich in einem constanten Bogen, von dem kein Theil durch die Entladung eine mechanische Einwirkung erfährt, für die Thermometeränderung θ bei der Entladung der Elektricitätsmenge q aus s Flaschen die Relation $\theta = \alpha \frac{q^2}{s}$, wo α für eine ganze Beobachtungsreihe so merklich constant bleibt, dafs, wie in allen meinen Wärmeuntersuchungen geschehen ist, Ein Werth von α hinreicht die Reihe darzustellen. Diefs findet nicht mehr statt, wenn in dem Schliefsungsbogen sich ein Draht befindet, der durch die angewandten Entladungen mechanisch afficirt und in's Glühen versetzt wird. Der Werth von α nimmt von der ersten mechanischen Wirkung auf den Draht bedeutend ab bis zur Erscheinung des Glühens, bleibt während der verschiedenen Stufen desselben nahe constant, und nimmt bei der Zersplitterung und Schmelzung des Drahtes wieder zu. Diefs ist in den folgenden Versuchen ersichtlich.

Versuch 45. Ein Platindraht, 16 Lin. lang, *rad* 0,0261, befand sich neben dem Thermometer im Schliefsungsbogen.

Flaschenzahl. s.	Elektricitätsmenge. q.	Thermometeranzeige. Θ.	α	
4	6	12,5	1,39	
	8	20,7	1,29	Dampf am Drahte.
	9	23,8	1,17	dasselbe.
	10	27,2	1,09	Einbiegung.
	11	31,0	1,02	dasselbe.
	12	36,0	1,00	dasselbe.
	13	42,5	1,00	der Draht glüht.
	—	41,8	0,99	dasselbe.

Versuch 46. Ein Platindraht, 16 Lin. lang, *rad* 0,0396, befand sich neben einem weniger empfindlichen Thermometer.

7	10	8,0	0,56	
	12	9,3	0,45	
	14	11,8	0,42	
	16	13,5	0,37	
	20	19,8	0,35	
	22	24,9	0,36	der Draht glüht.
	24	26,7	0,33	dasselbe.
	26	31,8	0,33	dasselbe.
	28	32,6	0,29	dasselbe.
	35	45,0	0,33	der Draht schmilzt.

Versuch 47. Ein Platindraht, 17 Lin. lang, *rad* 0,0209. Alte Batterie.

4 *	5	7,6	1,22	
	7	14,0	1,15	
	9	20,0	0,99	Einbiegung.
	11	27,2	0,90	Draht glühend.
	13	33,3	0,80	weifsglühend.
	15	41,2	0,95	schmilzt zu Kugeln.

Versuch 48. Ein Draht derselben Dicke, 10 Lin. lang.

Flaschenzahl. s.	Elektricitätsmenge. q.	Thermometeranzeige. Θ.	α.	
4 *	5	7,8	1,24	
	6	9	1,00	
	7	12,8	1,04	Einbiegung.
	9	17,5	0,87	dasselbe.
	10	20,6	0,82	Draht glüht.
	11	24	0,79	dasselbe.
	12	27,1	0,75	weifsglühend.
	$12\frac{1}{2}$	28	0,93	Draht zerrissen.

Der Werth für α ist in den Fällen, wo eine Zerstörung des Drahtes eintrat, nicht nach der ganzen Elektricitätsmenge q, sondern mit 0,77 q, unter Beibehaltung der ganzen Dichtigkeit, berechnet, da nahe 0,23 der angewandten Menge in der Batterie zurückblieben (S. 519).

Bezeichnet man mit V den Verzögerungswerth des dünnen Drahtes im Schliefsungsbogen, so ergiebt sich aus früheren Untersuchungen, dafs die Gröfse α proportional $\frac{1}{1+bV}$, wo b einen von dem constanten Theile des Schliefsungsbogens abhängigen Werth erhält. Die in den obigen Versuchen ersichtliche Abnahme des Werthes α, die bei den gebrauchten Entladungen nur durch Anwendung des dünnen Drahtes eintrat, bedingt also eine Zunahme des Verzögerungswerthes dieses Drahtes. Der Draht verzögert, wenn wir von der Entladung ausgehen, welche den ersten mechanischen Effect erzeugt, die folgenden Entladungen desto mehr, je stärker dieselben sind. Aber diese Verzögerungen halten nicht gleichen Schritt mit der Steigerung der Entladung, sie beobachten gewisse Perioden, innerhalb welcher sie sich nur wenig ändern, und diese Perioden hangen sichtlich mit den Wirkungen der Entladung zusammen. So tritt die erste bedeutende Zunahme des Verzögerungswerthes ein, wenn der Draht durch die Entladung erschüttert wird, die andere bei den

winkligen Einbiegungen im Drahte, und wenn der Draht zuletzt schmilzt, so nimmt der Verzögerungswerth wiederum ab. Hierdurch wird die sich zuerst darbietende Vermuthung widerlegt, dafs der Verzögerungswerth eines Drahtes von der Temperatur abhange, die der Draht durch eine Entladung erfährt (wobei man sich die Entladung in die verschiedenen Pulse zerlegt denkt, aus denen sie besteht).

Der Verzögerungswerth eines Drahtes hängt allein von der Art ab, in welcher eine Entladung in demselben fortschreitet; die Veränderlichkeit desselben bis zu einem gewissen Punkte, und die nachherige fortwährende Aenderung desselben bis zur Zerstörung des Drahtes zeigen daher, dafs in jedem Drahte schwache Entladungen in anderer Weise, wie starke, fortgepflanzt werden. Ich werde die Natur dieser verschiedenen Fortpflanzung in dem Folgenden hypothetisch zu entwickeln und, da die Fortpflanzung der stärkeren Entladungen die in dieser Abhandlung betrachteten mechanischen und Hitze-Wirkungen bedingt, damit zugleich den Grund dieser Wirkungen anzugeben suchen. Ueber den Mechanismus des Glühens hat sich hier herausgestellt:

> Das Glühen eines Drahtes geschieht durch eine Fortpflanzung der elektrischen Entladung in demselben, die von der gänzlich verschieden ist, durch welche der Draht nur erwärmt wird.

Verschiedenartige Fortpflanzung der elektrischen Entladung.

Verschiedene Fortpflanzung in Metalldrähten.

Welche Ansicht auch man über das Wesen der Elektricität und das der elektrischen Leitung hege, so ist man anzunehmen genöthigt, dafs in den Metallen der elektrische Zustand einer Partikel sich successiv allen übrigen Partikeln mittheilt. Ist daher ein Metallstück an einer

Stelle elektrisirt, so kann es nur dadurch in den unelektrischen Zustand zurücktreten, dafs jedes Theilchen desselben elektrisch und alsdann unelektrisch wird. In einigen Fällen lassen sich in jedem Theile des Metallstücks zwei Punkte angeben, die in der Zeit nach einander diese beiden Zustände annehmen, alsdann nennt man die gerade Linie, welche diese Punkte verbindet, den Weg der Fortpflanzung der Elektricität. Eine Batterie, die durch einen homogenen cylindrischen Draht entladen wird, liefert einen solchen Fall. Die Entladung tritt dadurch ein, dafs der Draht, der beide Belegungen verbindet, in einer grofsen Zahl von Pulsen hinter einander elektrisch und unelektrisch wird, und in einem jeden Stücke des Drahtes mufs das der inneren Belegung zunächst liegende Ende durch die Elektricität dieser Belegung früher elektrisch werden, als das entfernter liegende, alle Theilchen aber, die in einem normalen Querschnitte des Drahtes liegen, werden gleichzeitig elektrisch und gleichzeitig unelektrisch seyn. Die Entladung der elektrischen Batterie mufs hiernach herbeigeführt gedacht werden durch das Fortschreiten eines bestimmten elektrischen Zustandes von einem Querschnitte des homogenen Verbindungsdrahtes zu dem unmittelbar nächst folgenden, und zwar mufs dieses Fortschreiten gleichmäfsig geschehen, so dafs in jedem Theile des Drahtes in gleicher Zeit gleich viele Querschnitte elektrisch geworden sind. Die Gesetze der elektrischen Erwärmung unterstützen diese Vorstellung auf unverkennbare Weise. Wir wollen die in der beschriebenen Art stattfindende Entladung der Batterie die stetige oder *continuirliche* Entladung nennen. Man nehme aber an, dafs an einer Partikel des Schliefsungsdrahtes der elektrische Zustand auf irgend eine Weise gehindert werde, sich den nächstliegenden Partikeln mitzutheilen, so wird die continuirliche Entladung nicht mehr von Statten gehen können. Jene Partikel wird bei weitem stärker elektrisch werden, als bei der continuirlichen Entladung, ihre

Elek-

Elektricität wird so lange an Stärke zunehmen, bis sie im Stande ist, das ihr entgegenstehende Hindernifs zu durchbrechen, und sich so mit der Elektricität einer andern Partikel in's Gleichgewicht zu setzen. Die sich elektrisch ausgleichenden Partikel liegen dann nicht, wie früher, einander unendlich nahe, sondern haben eine mefsbare Entfernung von einander. Hierdurch entsteht eine von der vorher betrachteten, völlig verschiedene Entladungsweise. Es ist nicht mehr unbedingt nöthig, dafs alle Partikel eines normalen Querschnitts des Drahts sich in demselben Augenblicke in gleichem elektrischen Zustande befinden, der Weg der Entladung wird also nicht nothwendig in der Axe des Drahtes liegen, sondern kann irgend einen Winkel mit derselben bilden. Da ferner eine Zeit verstreicht, ehe die erste Partikel hinlänglich stark elektrisch ist, während derselben aber die Fortschreitung der Entladung gehemmt ist, so wird nicht mehr die Entladung in gleichen Zeiten durch gleich lange Drahtstrecken sich fortpflanzen. Es kann, während in einigen Theilen des Drahts diese stofsweise Fortpflanzung der Entladung stattfindet, in anderen Theilen die continuirliche Fortpflanzung fortdauern; die Entladung der Batterie wird dabei aber nicht mehr auf stetige Weise vollendet werden, so dafs sie als intermittirende oder *discontinuirliche* Entladung bezeichnet werden mufs. Die Effecte, welche die discontinuirliche Entladung auf den Schliefsdraht ausübt, können aus bekannten Versuchen hergeleitet werden, in welchen diese Art der Entladung durch discontinuirliche Schliefsung der Batterie künstlich herbeigeführt wurde. Es kommen Licht-, Schmelz- und mechanische Erscheinungen vor. Eine Gliederkette, durch welche die Entladung geschah, wurde leuchtend, Metallstaub wurde von ihr losgerissen, die Glieder wurden verschoben, einige von ihnen angeschmelzt. Eine Linie von Metallkörnern wurde durch die Entladung zerrissen, die

Körner wurden zerstreut und oberflächlich geschmelzt [1]). Eine mäfsige Ladung der Batterie durch einen schmalen Stanniolstreifen entladen, bringt in diesem keine sichtliche Veränderung hervor. Klebt man aber den Streifen auf eine Glasplatte, schneidet ihn an mehreren Stellen durch und lüftet die Enden jedes Stücks, so werden durch jene Entladung die einzelnen Enden in die Höhe und zurückgebogen, so dafs die Stücke die Gestalt von liegenden c (ᴗ) erhalten [2]).

Die künstlich herbeigeführte discontinuirliche Entladung bringt also die Wirkungen hervor, die oben an Drähten bemerkt worden sind, durch welche Entladungen, die eine gewisse Stärke überschreiten, geschickt wurden. Auch das Leuchten, das jede künstlich intermittirende Entladung begleitet, kommt, wenn auch selten, bei Entladungen durch dünne Metalldrähte vor. van Marum führt einen Fall an [3]), wo ein Eisendraht durch eine Entladung, die ihn glühend machte, zugleich mit einem glänzenden Lichte umgeben wurde, das ungefähr einen Zoll im Durchmesser zu haben schien. Hier mufste die Entladung von den Punkten, an welchen sie intermittirte, zum Theil durch die Masse des Metalles, zum Theil über die Oberfläche desselben sich weiter verbreitet haben. Aber nicht allein die auffallenden äufseren Erscheinungen am Drahte nöthigen uns, in demselben eine natürlich bedingte discontinuirliche Entladung anzunehmen, auch die versteckteren Vorgänge in demselben finden bei solcher Annahme eine leichte Erklärung. Es ist gezeigt worden, dafs von der ersten mechanischen Wirkung auf den Draht an, der Verzögerungswerth des-

1) Priestley, Geschichte der Elektricität; deutsch von Krünitz*, S. 440 ff.

2) Henry in *Transact. of the americ. philosoph. soc.; Vol. VI.* — Poggendorff's Annalen, Ergänzungsband 1842 *, S. 309.

3) Beschreibung einer Elektrisirmaschine *, zweite Fortsetzung, S. 48.

selben bedeutend zunimmt; da die Entladung von hier an intermittirt, so mufs sie zur Fortpflanzung durch den Draht eine gröfsere Zeit als früher gebrauchen. Die Stellen der Intermittenz der Entladung werden durch die Verbiegungen angezeigt, je mehre derselben eintreten, desto gröfser wird der Verzögerungswerth des Drahtes werden. Aber zugleich wird derselbe kleiner durch das Ueberspringen der Entladung von einer Stelle zur andern, das in der kurzen Strecke die Entladung schneller fortführt, als es bei der continuirlichen Entladung der Fall war; daher die Perioden, innerhalb welcher der Verzögerungswerth nahe constant bleibt, und daher seine Abnahme bei der Zersplitterung und Schmelzung des Drahtes. Diese Compensation zweier entgegengesetzten Wirkungen auf die Entladung wird erläutert durch einen Fall, den ich bei früherer Gelegenheit bekannt gemacht habe [1]). In dem Schliefsungsdrahte der Batterie war neben einem Luftthermometer eine Unterbrechung angebracht, in der zwei kleine Messingscheiben einander parallel gegenüberstanden. Die Scheiben wurden zuerst $\frac{1}{10}$ und dann eine ganze Linie von einander entfernt; gleiche Ladungen brachten bei der letzten Stellung der Scheiben gröfstentheils keine geringeren, ja sogar gröfsere Erwärmungen im Thermometer hervor, als bei der ersten Stellung. Obgleich bei den entfernteren Scheiben die Entladung mit geringerer Elektricitätsmenge geschah, als bei den näheren, so glich die vollkommnere Condensation der Elektricität an den Rändern der Scheiben diesen der Erwärmung nachtheiligen Effect vollkommen aus.

Nach dem Angeführten dürfte die discontinuirliche Entladung grofser Elektricitätsmengen durch continuirliche Drähte nicht mehr bezweifelt werden. Das theilweise Schmelzen der Drähte, das so gewöhnliche Zerschlitzen derselben in der Richtung der Axe, und die merkwürdigen Verbiegungen, die vor dem Glühen ein-

1) Poggendorff's Annalen *, Bd. 43, S. 78.

treten, sind aufserdem augenfällige Beweise für diese Entladungsweise, während andererseits bei geringeren Entladungen die in jedem gleichen Querschnitte eines Drahtes gleiche Wärmeerregung die continuirliche Fortpflanzung der Entladung unwiderleglich bezeugt. Zum richtigen Verständnisse der Wirkung einer elektrischen Entladung auf einen Draht mufs daher der Satz gemerkt werden:

Durch jeden Draht werden elektrische Entladungen bis zu einer gewissen Stärke *continuirlich* fortgepflanzt; dabei wird der Draht erwärmt und magnetisch; stärkere Entladungen pflanzen sich durch denselben nur *discontinuirlich* fort, und in Folge davon entsteht die Verbiegung, das Glühen, Zerreifsen, Schmelzen und Zerstäuben des Drahtes.

Verschiedene Fortpflanzung der Entladung in Flüssigkeiten.

Die verschiedenartige Fortpflanzung der elektrischen Entladung in einem und demselben Medium kommt nicht bei den Metallen allein vor, sie findet sich bei allen Körpern, und giebt sich in den unvollkommenen Elektricitätsleitern auf so schlagende Weise zu erkennen, dafs sie nicht übersehen werden konnte. Faraday nimmt in der Luft vier verschiedene Entladungsweisen der Elektricität an, die er nach den sie begleitenden Lichterscheinungen und mechanischen Effecten unterscheidet, und mit den Namen: durchbrechende, glimmende, dunkle und fortführende Entladung belegt [1]). Diese Entladungen gehören aber wesentlich zu der discontinuirlichen Entladung, während der, von Coulomb nach seinen Gesetzen erkannte, allmälige Uebergang der Elektricität in Luft als die continuirliche Entladung eines elektrisirten Körpers

1) *Experimental researches in electr.* *. *Lond.* 1839. — Poggendorff's Annalen, Bd. 47 und 48, *disruptive discharge, N.* 1359, *glow d.* 1526, *dark d.* 1544, *carrying d.* 1562.

durch die Luftmasse aufzufassen ist. Nicht weniger deutlich erscheint die verschiedene Fortpflanzung der Entladung in Flüssigkeiten. Durch eine Röhre, die mit Wasser, Alkohol oder einer Salzlösung gefüllt ist, kann eine Batterie geräuschlos vollständig entladen werden, während bei geringer Verstärkung der Entladung ein Funke in der Röhre erscheint und dieselbe gewaltsam zertrümmert. Flüssigkeiten werden durch geräuschlose Entladungen in Bestandtheile zersetzt, die einzeln an bestimmten, beliebig von einander entfernten Stellen, auftreten, während die explosive Entladung die Bestandtheile vermengt an jeder Stelle der durchbrochenen Flüssigkeit liefert. Obgleich diese Effecte zweier an Gröfse nur wenig verschiedenen Elektricitätsmengen die verschiedene Fortpflanzungsart hinlänglich darthun, so habe ich sie auch durch Beobachtungen an einem Thermometer aufgezeigt, das gleichzeitig mit einem unvollkommenen Leiter sich im Schliefsungsbogen befand. Ein feuchtes Holzstück von $1\frac{1}{2}$ Linie Dicke wurde zwischen zwei, im Schliefsungsbogen befindliche Spitzen geklemmt, oder ein feuchtes Kartenblatt zur Verbindung zweier, 10 Linien von einander entfernten Spitzen gebraucht; die Entladungen der Batterie gingen bis zu einer gewissen Stärke ohne Geräusch hindurch, und im Thermometer zeigte sich nicht die geringste Erwärmung. Aber es trat ein Punkt ein, an welchem die Entladung, auch nur um ein Geringes verstärkt, die Zwischenlage leuchtend und mit starkem Schalle durchbrach, und im Thermometer eine bedeutende Wärme erregte. Bei diesen Versuchen wurde indefs die Batterie nur in dem letzten Falle vollständig entladen, während bei den früheren Ladungen ein nicht unbeträchtlicher Theil der angewandten Elektricitätsmenge in derselben zurückblieb. Ich führe deshalb nur die folgenden Versuche genauer an, wo in allen Fällen eine vollständige Entladung der Batterie stattfand.

Versuch 49. In einer Unterbrechung des Schliefsungs-

bogens wurden zwei senkrechte, in einen Winkel gebogene Platindrähte von 0,224 Linie Dicke angebracht, und die Spitzen derselben, $\frac{1}{3}$ Linie von einander entfernt, in ein Gefäfs mit destillirtem Wasser gestellt. Ein an einer anderen Stelle der Schliefsung befindliches Thermometer gab bei verschiedenen Entladungen die folgenden Erwärmungen an.

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	Erwärm. im Thermometer.	
4 *	5	0	
	$5\frac{1}{2}$	0	
	6	0	
	$6\frac{1}{2}$	27,5	
	7	35,0	32
3 *	4	0	
	$4\frac{1}{2}$	0	
	5	19,0	22,4
	$5\frac{1}{2}$	32,3	27,5

Da die Erwärmung im Thermometer von der Art abhängt, in der sich die Entladung durch das Wasser fortpflanzt, so zeigen die Thermometerangaben hier eine zwiefache Fortpflanzungsart an. Würde nämlich in dem ersten Beispiele sich die Elektricitätsmenge 6 durch das Wasser eben so fortgepflanzt haben, wie es die Menge $6\frac{1}{2}$ that, so hätte im Thermometer eine Erwärmung von 23 Lin. stattfinden müssen; im zweiten Beispiele würde die Menge $4\frac{1}{2}$ bei gleicher Fortpflanzung, welche die Menge 5 besafs, eine Erwärmung von 15,5 Lin. hervorgebracht haben. Statt beider Erwärmungen gab die Beobachtung keine wahrnehmbare Gröfse an. Die discontinuirliche Entladung zeigte sich aufserdem noch durch einen, mit dumpfem Geräusche begleiteten Funken im Wasser und durch das Umherspritzen des letzteren. Stellt man die Versuche mit einer gröfseren Entfernung der Platinspitzen und dadurch bedingten gröfseren Elektricitäts-

menge an, so erfolgt häufig die Zerschmetterung des Gefäfses, in dem sich das Wasser befindet.

Lage der Intermittenzstellen an Drähten.

Die von einander etwas verschiedenen Erwärmungen bei denselben Entladungen im 49. Versuche können nicht auffallen, da bei dem Durchbrechen einer flüssigen Masse die discontinuirliche Entladung begreiflich nicht immer denselben Weg zu nehmen gezwungen ist. Diefs gilt in gleicher Ausdehnung für feste Körper, und namentlich für die Metalle, wenn sie durchbrochen und zersplittert werden. Wo die Entladung hingegen den Zusammenhang der Metalle noch nicht zu lösen vermag, findet sie in regelmäfsigerer Weise statt, und ergreift die Normalschnitte des Drahtes stets gleichzeitig, wie die Constanz der bei dem Glühen von Drähten beobachteten Thermometeränderungen und die Abhängigkeit derselben von dem Halbmesser der Drähte deutlich zeigen. Hierbei kann nach der Lage der Intermittenzstellen gefragt werden. Eine Entladung von gewisser Stärke kann sich durch einen bestimmten Draht nicht mehr continuirlich fortpflanzen, sie wird einmal oder öfter intermittiren müssen. Die Stellen, an welchen diese Intermittenz eintritt, und die hypothetisch durch die Einbiegungen angezeigt werden, scheinen gleichgültig zu seyn, und nur durch zufällige Ungleichheiten in dem Gefüge des Drahtes bestimmt zu werden. Wendet man nämlich zu den Glühversuchen einen Draht an, der an einer Stelle einen Druck erlitten hat, so wird trotz der sorgfältigsten Glättung desselben die erste Einbiegung an jener Stelle eintreten. Es läfst sich leicht eine starke Einbiegung durch die Entladung an einer vorher bestimmten Stelle eines Drahtes hervorbringen; ich habe häufig einen Draht an einer Stelle mit dem Fingernagel leicht eingedrückt, und jedesmal bemerkt, dafs die erste Verbiegung durch die Entladung an diesem Merkmale stattfand, indefs alle übrigen Er-

scheinungen im Schliefsungsbogen nicht im geringsten geändert wurden.

Der elektrische Funke.

Die vorliegende Untersuchung steht zu der häufig angeregten Frage über die Natur des elektrischen Lichtes in Beziehung, die ich zum Schlufs mit einigen Worten angeben will. Läfst man eine hinreichend starke Ladung durch einen guten Leiter und durch eine unvollkommen leitende Flüssigkeit oder Luftart hindurchgehen, so intermittirt sie in dem zweiten Medium und bringt daselbst eine Lichterscheinung hervor, den elektrischen Funken oder eine Modification desselben. Ueber die Natur dieses Funkens sind zwei wesentlich verschiedene Meinungen aufgestellt worden. Nach der ersten Ansicht wird das durchbrochene Medium selbst, in den gewöhnlichen Fällen die Luft, leuchtend durch primäre oder secundäre Wirkung der Elektricität. Diese Ansicht findet in den oben angeführten Versuchen eine Analogie, da gezeigt worden ist, dafs ein Metalldraht durch die intermittirende Entladung glühend wird, in der Masse desselben also eine Lichterscheinung zu Stande kommt. Nach der zweiten Meinung besteht der Funke nicht aus leuchtenden Theilen des Mediums, das er durchbricht, sondern aus glühenden Theilen des guten Leiters, der dasselbe begränzt, in den gewöhnlichen Fällen also aus glühenden Metalltheilen. Auch dieser Ansicht widerstreiten die obigen Versuche nicht. Es läfst sich nämlich leicht zeigen, dafs die discontinuirliche Entladung nicht allein in dem unvollkommenen Leiter stattfindet, sondern in geringer Tiefe des guten Leiters beginnt. Wenn man einen Funken aus einem Metallconductor zieht, so wird die intermittirende Entladung in dem Finger durch die stechende Empfindung, in dem Metalle durch den Oxydationsfleck angezeigt, der, bei häufiger Wiederholung des Versuchs, an der Oberfläche des Metalles entsteht. Die Entladung

einer Batterie bringt schon bei dem ersten Versuche an den Kugeln, zwischen welchen der Funke übergeht, Oxydation und Schmelzung hervor. Die discontinuirliche Entladung hat aber, wie wir gesehen haben, auch die Wirkung, Theilchen von Metallen loszureifsen und zu glühen, und bei Anwendung von Metallstücken ist die Anwesenheit von Metalltheilchen in dem Funken leicht begreiflich. Damit wird aber keinesweges die Nothwendigkeit solcher Theilchen in jedem elektrischen Funken bewiesen, und die darauf gegründete Ansicht über die Natur des Funkens, obgleich in neuerer Zeit von mehren Seiten unterstützt, bietet so viele Schwierigkeiten, dafs zu ihrer Feststellung eine umfassendere Untersuchung nöthig erscheint, als man derselben bisher gegönnt hat.

II. *Ueber die Magnetisirung von Stahlnadeln durch den elektrischen Funken und den Nebenstrom desselben; von Dr. Hankel.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus einem Programm der Realschule zu Halle.)

Im 34. Bande der *Annales de chimie et de physique* [1]) für das Jahr 1827 hat Savary eine, wegen der darin beobachteten Erscheinungen, höchst merkwürdige Abhandlung über die Magnetisirung von Stahlnadeln, besonders durch den elektrischen Funken, bekannt gemacht. Als er nämlich dünne gehärtete Nadeln in verschiedenen Entfernungen von einem Drahte und in senkrechter Richtung auf denselben befestigte, und durch diesen Draht die Entladung einer Batterie von 22 Quadratfufs Oberfläche, die jedoch nicht bis zur Sättigung geladen war, schlagen liefs, so zeigten sich die Nadeln, je nach der

1) Auch in Poggendorff's Ann., Bd. 9, S. 443, und Bd. 10, S. 73.

Entfernung, in sehr verschiedenem Sinne magnetisch. Savary hat mehrere Reihen von Beobachtungen, in denen er einzelne Theile des Apparates abänderte, um ihren Einflufs kennen zu lernen, angestellt, und im Allgemeinen immer dieselben Erscheinungen wahrgenommen. Es möge derjenige Versuch, welcher S. 15 der erwähnten Abhandlung steht, hier Platz finden, weil er unter den ausführlich mitgetheilten die meisten Umkehrungen in der Polarität zeigt. Die Länge des dabei angewandten Leitungsdrahtes von Platin betrug 1 Meter, die Dicke desselben $\frac{1}{4}$ Millimeter. Die erste Reihe der folgenden Tabelle enthält die Zahl der Nadeln, die zweite den Abstand [1]) vom Leitungsdraht, ausgedrückt in Millimetern, die dritte die Zeit, welche die Nadel zu 60 Schwingungen gebrauchte, und die vierte die Lage der elektrischen Pole. Die Magnetisirung ist als positiv bezeichnet, wenn die Pole in der Nadel dieselbe Lage haben, welche eine schon vorher magnetisirte bewegliche Nadel annimmt, wenn dieselbe an der Stelle der ersten Nadel dem Einflufs eines mit dem elektrischen Funken gleichgerichteten elektrischen Stromes unterworfen wird; die umgekehrte Lage der Pole ist die negative genannt. Die Nadeln waren sehr stark gehärtet (*trempées roides*), hatten $\frac{1}{4}$ Millimeter im Durchmesser und 15 Millimeter Länge.

1) Die Nadeln waren neben einander auf einem Lineal befestigt, welches an der einen Seite mit der ersten Nadel den Leitungsdraht berührte, und indem es nur sehr wenig gegen denselben geneigt war, die Entfernung der übrigen Nadeln nur sehr allmälig zunehmen liefs.

Nadeln von 15 Millimet. Länge.	Entfernung derselben während der Entladung vom Drahte.	Dauer von 60 Schwingungen.	Lage der Pole.
	mm		
1	0,0; in Berührung	1' 3",1	positiv
2	1,1 mit dem	2 29 ,0	negativ
3	2,0 Drahte.	ohne merklichen Magnetismus.	
4	3,0	1' 25",6	positiv
5	4,3	1 5 ,6	positiv
6	5,5	1 3 ,0	positiv
7	6,7	1 13 ,6	positiv
8	8,0	1 32 ,2	positiv
9	8,6	3 8 ,0	sehr schw. neg.
10	9,6	1 34 ,8	negativ
11	10,5	1 17 ,2	negativ
12	12,3	1 1 ,2	negativ
13	13,5	56 ,4	negativ
14	14,6	55 ,0	negativ
15	15,7	59 ,4	negativ
16	16,9	1 3 ,0	negativ
17	18,2	1 5 ,0	negativ
18	19,1	1 16 ,8	negativ
19	20,0	1 34 ,2	negativ
20	20,9	2 29 ,0	negativ
21	21,4	fast Null, ein wenig negativ	
22	23,3	1' 23",7	positiv
23	32,7	41 ,4	positiv
24	44,0	34 ,0	positiv
25	70,0	43 ,2	positiv
26	100,0	1 2 ,2	positiv
27	130,0	1 28 ,2	positiv

In dieser Reihe finden sich vier Wechsel der Vertheilung des Magnetismus, der erste bei weniger als 1 Millim., der zweite bei ungefähr 2 Millim., der dritte bei 8,4 Millim. und der vierte bei 21,5 Millim. Bei Anwendung von Nadeln, welche nur 10 Millim. Länge, aber dieselbe Dicke und Härte als die vorigen hatten, waren bei gleicher Ladung der Batterie und gleicher Länge des Leitungsdrahtes die Entfernungen, in denen die Wechsel eintraten, fast genau dieselben, wie oben, so daſs also die Länge der Nadeln keinen Einfluſs auf die Magnetisirung zeigt.

Während nun die Länge der Nadeln gleichgültig ist, so wirkt eine Aenderung in der Länge des Schlieſsungs-

drahtes, der Stärke der Ladung, der Härte und Dicke der Nadeln sehr bedeutend auf die Anordnung der verschiedenen Magnetisirungsperioden und Wechsel. Als Savary unter sonst gleichen Umständen, wie oben, einen Platindraht von doppelter Länge (also 2 Meter), aber derselben Dicke anwandte, so erhielt er nur zwei Wechsel, wobei die dem Draht zunächst liegenden Nadeln bis zu 2 Millimet. Entfernung positiv, die folgenden bis zu 10,4 Millim. negativ, und die noch weiter entfernten wieder positiv waren. Es ist übrigens nicht nothwendig, dafs die dem Drahte nächsten Nadeln stets positiv sind, sie können auch negativ seyn; auch zeigen diese dem Drahte zunächst liegenden keineswegs den stärksten Magnetismus, sondern gewöhnlich erst die in einiger Entfernung befindlichen. Die äufsersten Nadeln sind aber stets positiv (normal). So erhielt Savary, als er durch einen Platindraht von 0,37 Millim. Durchmesser und 0,65 Met. Länge eine noch stärkere Ladung als in den vorigen Versuchen schlagen liefs, fünf Wechsel in der Magnetisirung der Nadeln; die dem Drahte zunächst liegenden waren negativ u. s. w., der letzte Wechsel fand bei 28 Millim. statt. Nahm er einen Platindraht von 1 Met. Länge, aber nur $\frac{1}{8}$ Millim. Dicke, so erhielt er gar keine Umkehrungen mehr, alle Nadeln waren positiv. Nur darin zeigte sich noch eine Andeutung der vorigen Erscheinung, dafs nicht die dem Drahte nächsten Nadeln am stärksten magnetisch waren; die Stärke des Magnetismus nahm anfangs mit der Entfernung vom Drahte bis auf ungefähr 11 Millim. zu; dann aber wieder ab. — Ist der Schliefsungsbogen der Batterie aus an Dicke [1]) und Material verschiedenen Drähten zusammengesetzt, so bleibt dennoch an allen Punkten desselben die Wirkung dieselbe, die aber natürlich durch die Länge und Dicke und Leitungsfähigkeit der einzelnen Stücke bedingt ist.

1) Die Dicke darf jedoch nicht so grofs werden, dafs sie in Beziehung auf die Entfernungen, in welchen die Wechsel eintreten, beträchtlich wird.

Von dem gröſsten Einfluſs auf diese Magnetisirungserscheinungen ist die Härte der Nadeln; man erhält nämlich allein mit gehärteten Nadeln die oben beschriebenen Wechsel, bei nicht gehärteten, biegsamen Nadeln erscheinen sie nie; sie zeigen sich nur noch dadurch angedeutet, daſs diejenigen Nadeln, welche den stärksten Magnetismus besitzen, sich gewöhnlich erst in einiger Entfernung vom Drahte finden.

Eben so wenig gelingt es mit dicken gehärteten Nadeln diese Wechsel zu erzeugen; es zeigt sich ähnlich wie vorhin als Rest derselben das Maximum der Stärke erst in einiger Entfernung vom Drahte. Die Beobachtungsreihen, welche Savary bei dicken Nadeln und starken Ladungen erhielt, gleichen denen, welche dünne Nadeln bei schwachen Ladungen zeigen.

Leichter noch erhält man, nach Savary, diese Wechsel und entgegengesetzten Magnetisirungsperioden, wenn man, um die Wirkung des Funkens zu verstärken, den Leitungsdraht spiralförmig um eine Glasröhre windet, und die unmagnetische Stahlnadel in die Röhre zwischen die Windungen des Drahts einschiebt. Fängt man den Versuch mit schwachen Ladungen der Batterie an, und verstärkt sie nach und nach, so werden die eingelegten Nadeln anfangs positiv, dann negativ, dann wieder positiv u. s. f. Savary erhielt bis sechs Wechsel. Die Wirkung einer Spirale ist natürlich um so stärker, je näher die Windungen derselben aneinanderliegen; ist ihre Länge in Beziehung auf die eingelegte Nadel sehr bedeutend, so ist die Magnetisirung einer innerhalb derselben parallel mit ihrer Axe liegenden Nadel überall (mit Ausnahme der Nähe der Enden) dieselbe.

Diese von Savary beobachteten Erscheinungen sind bis jetzt weiter nicht zum Gegenstande einer speciellen Untersuchung gemacht worden; ich kenne wenigstens keine späteren Versuche hierüber als diejenigen, welche Riefs in Poggendorff's Annalen, Bd. 47, S. 59, anführt, aber eigentlich nur in der Absicht, um zu zeigen, daſs der

Magnetismus einer Nadel kein Maaſs für die Stärke der Elektricität, ja nicht einmal für ihre Richtung sey. — Genau mit diesen Erscheinungen hängen aber, wie sich später noch deutlicher herausstellen wird, die durch den sogenannten Nebenstrom der Batterie erzeugten Magnetisirungen zusammen, über welche Marianini [1]), Henry [2]), Rieſs [3]) und Matteucci [4]) Versuche angestellt haben. Es wird deshalb nicht ohne Interesse seyn, in dem Folgenden über die Magnetisirungen sowohl durch den Haupt-, als auch durch den Nebenstrom weitere Versuche und die Erklärung derselben mitzutheilen. Es wird sich dabei zu gleicher Zeit auch nachweisen lassen, daſs alle in Rücksicht auf den Nebenstrom von den oben genannten vier Gelehrten angestellten Versuche richtig sind, und die Nichtübereinstimmung in den Ansichten allein in der einseitigen oder unvollständigen Auffassung der Erscheinung liegt.

Savary hat über die Magnetisirung mittelst der Spiralen keine nach Maaſs und Zahl genau bestimmten Versuche angestellt; es ist deshalb zuvörderst nöthig, Versuche mitzutheilen, welche auch bei Anwendung der Spiralen die groſse Gesetzmäſsigkeit des Phänomens und die Abhängigkeit desselben von der Länge des Leitungsdrahtes, der Stärke der Ladung und der Gröſse der Oberfläche der Batterie nachweisen.

Es muſs dieſs hier um so nothwendiger erscheinen, da alle folgenden Versuche nur mit Anwendung der Spiralen angestellt sind, und zwar wurde in allen weiterhin mitgetheilten immer eine und dieselbe Spirale von

1) *Memorie di fisica sperimentale. Modena* 1838. Ich kenne die Versuche nur aus dem Auszuge im 10. Bande der *Annal. de chim. et de phys.* (3. *série*.)

2) *Transactions of the american phil. Society*, *Vol.* 6, *p.* 17. — Poggendorff's Annalen, Ergänzungsband (1842), S. 390.

3) Poggendorff's Annalen, Bd. 47, S. 55.

4) *Bibliothèque univers. de Genève*, *Octob.* 1840, *p.* 122.

Silberdraht als Magnetisirungsspirale gebraucht. Die Nadeln [1]) (Nähnadeln, wie sie im Handel vorkommen, 1 Zoll 3,8 Lin. lang und 0,25 Lin. dick) wurden sorgfältig mit Hülfe eines Glasstäbchens stets an denselben Punkt der Spirale geschoben (eine Sorgfalt, die bei einer möglichst regelmäfsig gewickelten Spirale indefs überflüssig ist, vorausgesetzt, dafs sich die Nadeln von den Enden noch entfernt befinden). Die Nadel bedeckten ungefähr 28 bis 29 Windungen. Die angewandte Batterie bestand aus neun ziemlich grofsen Flaschen, und war durch 1 Fufs hohe Glasfüfse isolirt. Die Ladung desselben wurde auf die von Riefs in Poggend. Ann., Bd. 40, S. 323, beschriebene Weise durch die Anzahl der Funken einer Lane'schen Entladungsflasche, deren innerer Beleg mit dem äufseren Beleg der isolirten Batterie verbunden war, gemessen. Die Entladung geschah durch Niederlassen des einen Arms des Entladers vermittelst einer über eine Rolle gehenden Schnur; anfangs liefs ich die Kugel des Entladers möglichst gleichmäfsig auf die Kugel der Batterie fallen (und so sind die in der gleichfolgenden Tabelle zusammengestellten Versuche ausgeführt), bei allen folgenden Versuchen näherte ich jedoch dieselbe nur bis zum Ueberspringen eines Funkens. Vor jeder neuen Ladung wurde natürlich der Rückstand erst hinweggenommen. Alle Verbindungen der Drähte wurden durch die von Poggendorff angegebenen Schraubenklemmen gemacht.

In der folgenden Tabelle enthält die obere horizontale Reihe die verschiedenen Längen eines dünnen Eisendrahts (von 0,1 Lin. Dicke), welche bei den darunter stehenden Versuchen eingeschaltet waren. Die erste verticale Reihe enthält die Stärke der Ladungen. Das Zeiche + bedeutet die normale Magnetisirung, das Zeichen — die anomale. Wo zwei Zeichen stehen, bezieht

1) Auf jedem Viertelhundert stand: *R. Hemming & Son's, genuine old patent, sharps No. 7.*

sich das links stehende auf die Spitze oder die nach der Spitze hin gelegene Hälfte der Nadel, das rechts stehende dagegen auf das Oehr oder die diesem zunächst gelegene Nadelhälfte. Die hinter diesem Zeichen befindliche Zahl giebt die Zeit an, welche die Nadel zu 20 Schwingungen gebrauchte; als Einheit diente die Zeit zwischen zwei Schlägen meiner Uhr (147 = 1 Minute). Gewöhnlich wurden 40 bis 60 Schwingungen gezählt). Wo keine Zahl hinter dem Zeichen steht, habe ich das Zeichen nur der leichteren Uebersicht wegen hingesetzt; obwohl durch keinen besonderen Versuch hier bestimmt, ergiebt es sich jedoch gleich aus den übrigen Versuchen.

Magnetisirung von Stahlnadeln durch die Entladung einer Batterie von neun Flaschen, bei steigender Ladung und abnehmender Länge des eingeschalteten Drahtes.

Stärke der Ladung.	364 F.		202 F.		154 F.		106 F.		82 F.		58 F.		34 F.		18,4 F.		10,3	
10	+		+		+		+		+		+		+		+[1])	21	+	22
20															+	26	+	42,5
30	+	24													−+	40,5	+	45
40													+		−+	110	+	33,5
50													−+	60,5				
60	+	20,5	+		+		+				+	32	−+	82			+	35
70									+[2])	44	−0[2])	65	−0	67			+	37
80													−	54	−+	165		
90							+	36,7					−	38				
100	+	19,5					−+	140			−	48,7	−	38	+	67	+	41
120							−+	83	−	45			−	47	+	64		
130					+	44,5												
150	+	20,5									−	34,5			+	34	+	32
160					−0	93												
180													−	54	+	29		
200	+	20	+	56									−+	126	+	33	+	27,[illegible]
210					−	40												
220															+	27		
230	+		+		−		−		−		−		−	48	+		+	

1) Bei Ladung 5 und 18,4 F. Draht Einschaltung brauchte die Nadel die
30; sie war natürlich −+.

2) Die beiden mit zwei Kreuzen bezeichneten Magnetisirungen wurden be
gebracht durch eine Ladung von 75.

Wie oben, aber die Batterie enthielt nur fünf Flaschen.

Stärke der Ladung.	364 F.		289 F.		202 F.		106 F.		58 F.		10,3 F.	
10	+		+		+	26,5	+		+		+	50
20					+	22	+	26,5			+	25
30					+	23	+	36,5	+	40,5	+	28,5
40					+	31	—+	125			+	38
50	+		+		+	43	—0	48,5	—+	96	+	42
60					0+	60	—	45	—+	71		
70					—	410			0+	72		
80	+						—	42				
90			+	62	—	42			+	74		
100			—0	84								
110	+	56	—	71	—	32	—	53	+	65	+	

Wie oben, die Batterie enthielt aber nur zwei Flaschen.

Stärke der Ladung.	364 F.		289 F.		202 F.		106 F.	
5	+		+		+		+	28
10					+	30	+	36
15					+	34	+	44
20	+		+	36	0—	56	+	45
25			+	52,5				
30	+	48	—+	75	—+	64	+	31
35	0+	59						
40	—0	77	—+	118	0+	52	+	35

Wie oben, aber die Batterie enthielt nur eine Flasche.

Stärke der Ladung.	364 F.		289 F.	
5	+		+	30
10			+	32
15	+	36	+	40,5
20	+	44	+	40,5
25	+	58	+	44,5

Zur Vervollständigung vorstehender Uebersicht mögen hier noch einige Versuche, die mit neun Flaschen und einer Einschaltung von 10,3 F. Draht angestellt sind,

erwähnt werden, da sie in obigen Tabellen keinen Platz finden konnten; sie zeigen die Umkehrung, welche in der mitgetheilten Tabelle an jener Stelle zwischen der Ladung 20 und 30 durch eine Schwächung angedeutet ist.

9 Flaschen.	Stärke der Ladung.	10,3 F.	
	10	+	22
	15	+	30
	20	+	42,5
	23	0+	50
	24	—+	57
	25	—+	62
	26	0+	46
	27	0+	41
	30	+	45

Es ergiebt sich aus vorstehenden Versuchen, dafs bei Anwendung von schwachen Ladungen die Magnetisirung normal ist; erst bei steigender Ladung geht sie in die anomale über, um unter geeigneten Umständen bei noch gröfserer Stärke wieder normal zu werden u. s. f. Die anomale Periode tritt im Allgemeinen um so früher ein, je kleiner der Widerstand, ist aber auch um so kürzer; es darf jedoch der Widerstand nicht unter eine gewisse Gränze hinabgehen, sonst zieht sich die Periode so zusammen, dafs sie nur durch ein Minimum der Magnetisirung im normalen Sinne angedeutet ist. Bei grofsem Widerstande ist es wegen der Gröfse der Periode nicht möglich, nach der anomalen wieder die normale Lage der Pole zu erlangen, und bei sehr grofsem Widerstande gelingt es aus gleichem Grunde nicht einmal die anomale Vertheilung zu erzeugen, wenn man nicht mächtige elektrische Kräfte wirken lassen will. Merkwürdig ist der Einflufs, welchen die Gröfse der Oberfläche der Batterie ausübt. Wird eine und dieselbe Quantität auf verschieden grofsen Flächen angesammelt, so wirkt die auf der kleineren angehäufte stärker, d. h. sie vermag bei demselben Leitungswiderstande schon in geringerer Menge die anomale Magnetisirung zu erzeugen; deshalb bewirkt

sie dieselbe auch bei Widerständen, bei welchen die auf der gröfseren Oberfläche angehäufte sie nicht hervorruft. Eine Folge davon ist auch, dafs bei Anwendung von kleineren Oberflächen die wirkliche Umkehrung schon bei gröfseren Widerständen in ein blofses Minimum der normalen Magnetisirung übergeht. So vermag bei 202 F. Widerstand eine Ladung =70 angehäuft in fünf Flaschen schon die Nadel anomal zu magnetisiren, während bei neun Flaschen es noch nicht eine Ladung =200 vermag; bei fünf Flaschen entsteht bei 289 F. Widerstand und einer Ladung =100 eine Umkehrung, während sie bei neun Flaschen und einer Ladung =200 noch nicht bei 202 F. Einschaltung bewirkt werden kann. Bei 106 F. Einschaltung zeigt sich bei neun und fünf Flaschen die Umkehrung, während bei zwei Flaschen ein blofses Minimum sich findet. Wird die Oberfläche aber kleiner als eine bestimmte Gröfse, so vermag sie, da die Umkehrung bei der kleinen Oberfläche einen gröfseren Widerstand verlangt, nicht so viel Elektricität zu fassen, als zur Erzeugung eines Wechsels nöthig ist; so sehen wir bei Anwendung von einer Flasche keine Umkehrung der Pole.

In den Versuchen Savary's finden sich nirgends Nadeln, welche dreipolig gewesen wären, wie in den von mir angestellten; es war bei diesen letzteren stets die Spitze, welche zuerst anomale Magnetisirung erhielt. Der Grund dieser Erscheinung liegt darin, dafs die Spitze dünner und auch härter ist; durch beides wird aber, wie schon Savary gezeigt hat, die Umkehrung begünstigt. Savary hat vielleicht überall gleich starke und gleichmäfsig gehärtete Nadeln gehabt. Mir war diese Erscheinung in sofern sehr genehm, als sie ein Mittel abgab, die Gränzen der Perioden mit Leichtigkeit zu finden; esr ückte nämlich, nachdem die Spitze zuerst unmagnetisch geworden war, die anomale Magnetisirung mit der Verstärkung der Ladung allmälig von der Spitze nach dem Oehre hin.

Ich habe die obige Reihe von Versuchen mitgetheilt, weil sie unter allen, die ich angestellt habe, die gröfste Ausdehnung, und wegen der schlechten Leitungsfähigkeit des dünnen Eisendrahts, sehr grofse Perioden hatte, so dafs nicht leicht eine übersehen werden konnte. Durch die Anzahl der Wechsel bis (15) ausgezeichnete Reihen werde ich später mittheilen.

Mit gröfster Entschiedenheit läfst sich aus obigen Versuchen ersehen, dafs die Magnetisirung einer Nadel durch die möglichst schwächste Elektricität, welche die Nadel überhaupt noch zu magnetisiren vermag, eine normale ist. Gesetzt, es vermöge eine Ladung =4 eine gegebene Nadel noch nicht zu magnetisiren, wohl aber die Ladung 5, so ist die durch die Ladung 5 magnetisirte Nadel gewifs normal (wenn der Unterschied zwischen 4 und 5 oder die Einheit der Ladung nur gehörig klein genommen ist). Auf diese Weise läfst sich also die Magnetisirung der Nadeln als ein sicheres und untrügliches Kennzeichen gebrauchen für die Richtung der Elektricität. (Statt die Ladung zu schwächen, könnte man auch die Entfernung der einzelnen Spiralgänge vergröfsern, oder wenn die Nadel neben dem einfachen Drahte liegt, sie weiter entfernen; diejenige Magnetisirung, welche sie kurz vorher zeigt, ehe die Entfernung so grofs wird, dafs sie gar nicht mehr magnetisch wird, ist eine normale. Auch könnte man statt der dünnen und stark gehärteten Nadeln dickere und weniger gehärtete einlegen.)

Um diese verschiedenen, bei der Magnetisirung durch den elektrischen Funken auftretenden Erscheinungen zu erklären, ist es nothwendig, den Zusammenhang zwischen Elektricität und Magnetismus näher zu kennen. Es giebt aber bis jetzt nur eine Theorie, welche diesen Zusammenhang uns lehrt, nämlich die von Ampère aufgestellte, nach welcher in einem Magnet jedes einzelne Theilchen umflossen wird von elektrischen Strömen, welche (wenigstens bis auf die Enden) alle eine und dieselbe Rich-

tung haben, während im nicht magnetisirten Stahl und Eisen die Richtung eines jeden Stromes eine ganz beliebige ist. Ich weifs wohl, dafs man dieser Theorie Manches entgegengestellt hat, und dafs namentlich Dove in seiner vortrefflichen Abhandlung über Induction durch elektromagnetisirtes Eisen (Abhandlungen der Berliner Acad. der Wissensch., Jahrg. 1841, Bd. 1, S. 133 ff.) sich gegen dieselbe ausgesprochen hat. Es kommt indefs doch zuletzt nur darauf hinaus, dafs durch die Annahme dieser Theorie nichts gewonnen sey, und bei derselben eben so viel Unerklärliches (nämlich diese angenommenen, jedes Eisen- und Stahltheilchen umkreisenden Ströme) übrig bleibe. Dove schliefst den hierüber handelnden Abschnitt, S. 136, mit den Worten: »Ist man einmal genöthigt, die nachweisbaren elektrischen Ströme im Eisen — [er meint die durch Induction in einem Eisencylinder eben so wie z. B. in einem Kupfer- oder Messingcylinder entstehenden] — zu unterscheiden von den hypothetischen, welche den Magnetismus bedingen, so scheint es einfacher, einen Schritt weiter zu gehen, und Elektricität und Magnetismus als unterschiedene Naturkräfte anzuerkennen.«

Es fragt sich indefs, ob nicht dennoch durch die Annahme dieser hypothetischen Ströme, welche den Magnetismus bedingen, etwas gewonnen sey, da ja durch sie alle Erscheinungen sich vollständig erklären lassen, und ein Weg aus dem Gebiete der Elektricität in das Gebiet des Magnetismus geöffnet ist. Mir wenigstens scheint die Ampère'sche Theorie vortheilhaft zu seyn, und vielleicht mögen die folgenden Versuche auch noch etwas zu ihrer Begründung beitragen, indem sie nachweisen, dafs die Erscheinungen bei der Magnetisirung der Stahlnadeln durch den Hauptstrom mit den Erscheinungen, welche der Nebenstrom darbietet, übereinstimmen.

Bei Betrachtung der oben angeführten Versuche der Magnetisirung durch den Hauptstrom der Batterie haben

wir es gleich mit diesen hypothetischen Strömen zu thun, welche jedes einzelne Theilchen der Stahlnadel umfliefsen, und durch die Anziehung des Funkens alle parallel gerichtet werden. Es ist nämlich durch die Versuche Faraday's bekannt, dafs ein Strom bei seiner Entstehung in einem nahe gelegenen Leiter einen Strom erregt, welcher ihm entgegengesetzt ist, beim Verschwinden dagegen einen zweiten, welcher dem ursprünglichen gleichlaufend ist. Beide Wirkungen mufs auch der elektrische Funke auf eine in seiner Nähe befindliche Stahlnadel ausüben. Da die Nadel senkrecht gegen seine Richtung liegt, so sind die Ebenen der in der Nadel erregten Ströme ebenfalls senkrecht auf die Länge der Nadel, und die Magnetisirung der Nadel wird gerade die entgegengesetzte seyn, je nachdem wir sie durch die Wirkung des Anfangens oder blofs des Aufhörens des Funkens uns erzeugt denken. Nun folgen aber die beiden Momente des Anfangs und des Endes beim elektrischen Funken, so schnell auf einander, dafs ihre Wirkungen gesondert nicht gemessen werden können; es ist also die Magnetisirung der Nadel stets das Resultat dieser beiden Einflüsse.

Um eine harte Stahlnadel zu magnetisiren, genügt nicht jede beliebige Elektricitätsmenge, sondern es wird ein gewisses Quantum erfordert, das mit Heftigkeit (also in sehr kurzer Zeit) auf die Nadel einwirkt. Wenn also die Batterie anfangs nur sehr schwach geladen wird, so entsteht beim Entladen in der Nadel, die sich in der Nähe des Leitungsdrahtes, z. B. in einer Spirale, befindet, noch kein Magnetismus, es ist die Elektricität des Funkens noch nicht hinreichend, um das Hindernifs, welches der Entstehung oder Richtung der elektrischen Ströme widersteht (die sogenannte Coërcitivkraft), zu überwinden. Wird die Ladung allmälig verstärkt, so wird dasselbe endlich überwunden, und der Funke magnetisirt die Nadel, indem sein heftiges Herannahen Ströme in

der Nadel erzeugt, welche seiner Richtung entgegengesetzt sind, d. h. die Nadel wird normal magnetisirt, wie wir es bei allen früheren Versuchen stets zuerst fanden.

Das Aufhören des Funkens oder das Abgleichen des elektrischen Gegensatzes übt eine schwächere Wirkung aus, die aber nicht deshalb schwächer ist, weil die Masse des Abzugleichenden geringer wäre (es ist ja dieselbe, welche entstanden ist), sondern weil sie in etwas längerer Zeit, also mit geringerer Heftigkeit, sich abgleicht. Die beiden Wirkungen des Anfangs und des Endes werden in Beziehung auf die Ablenkung einer Magnetnadel, wobei es nur auf die Masse des Abzugleichenden, nicht auf die Zeit, in welcher es geschieht, ankommt, völlig gleich seyn, und sich aufheben; und in der That lenkt der elektrische Funke die Galvanometernadel nicht ab. Ganz anders verhält es sich mit der Magnetisirung von Stahlnadeln, wobei es nicht nur auf die Masse der Elektricität, sondern auch auf die Zeit ankommt; es wird also derselbe Funke, der bei seinem Entstehen eine Nadel magnetisirt, dieselbe noch nicht bei seinem Aufhören magnetisiren.

Wird die Ladung nach und nach verstärkt, so gewinnt der Funke auch so viel Kraft bei seinem Aufhören die Nadel zu magnetisiren, d. h. Ströme in ihr zu erzeugen, welche seiner Richtung entgegengesetzt sind. Es findet aber der Funke bei seinem Aufhören die Nadel schon durch seinen Anfang magnetisirt, und ehe die Nadel eine Polarisirung zeigen kann, welche dem Aufhören des Funkens entspricht, d. h. die anomale, müssen die beim Aufhören des Funkens entstehenden Ströme die schon vorhandenen entgegengesetzten überwinden. Es beginnt also die normale Magnetisirung, nachdem sie bei zunehmender Stärke der Ladung ein gewisses Maximum erreicht hat, abzunehmen, um dann durch Null in die entgegengesetzte überzugehen. Es ist aber klar, daſs diese Umkehrung nur geschehen kann, wenn die Magne-

tisirung durch das Aufhören des Funkens einen stärkeren Magnetismus erzeugt, als der ist, welcher sich im Augenblick durch die Magnetisirung durch den Anfang des Funkens noch in der Nadel vorfindet. Da nun der Anfang des Funkens stets stärker magnetisirt als das Ende, so wird die Umkehrung (anomale Magnetisirung) erst dann sich zeigen können, wenn der durch den Anfang erregte Magnetismus nicht völlig von der Nadel aufgenommen werden konnte (oder anders ausgedrückt, wenn der Anfang so stark magnetisirend wird, dafs er auch eine gröfsere Stahlmasse als die Nadel bis zur Sättigung magnetisirt haben würde), so dafs das Aufhören des Funkens nur einen Theil der Wirkung seines Anfangs zu überwinden hat. So lange dieses nicht stattfindet, tritt keine Umkehrung der normalen Magnetisirung, sondern blofs eine Schwächung derselben ein. — Da dickere Nadeln eine bedeutend gröfsere Menge von Magnetismus aufnehmen können, so ist leicht einzusehen, dafs bei ihnen die anomale Periode erst bei stärkeren Ladungen eintreten kann, und dafs diese Ladungen um so intensiver werden müssen, je dicker die Nadel wird, ja dafs für eine gegebene Batterie und gegebene Magnetisirungsspirale es eine bestimmte Dicke giebt, bei welcher gar keine Umkehrung mehr erfolgt, auch wenn die Batterie aufs Stärkste geladen wird.

Da die Magnetisirung des Stahls eben so wie die Erwärmung eines Drahts auch von der Heftigkeit abhängt, mit welcher der Funke hereinbricht (oder von der Kürze der Zeit), so wird dasselbe Gesetz, welches für die Erwärmung eines Drahts von Riefs in Betreff der Oberfläche der Batterie aufgestellt ist, sich hier ebenfalls anwenden lassen; es wird die Umkehrung um so leichter zu Stande kommen, auf je kleinerer Oberfläche die Elektricität ausgebreitet ist, oder anders ausgedrückt, je gröfser die Spannung der Elektricität bei derselben Quantität ist. Diefs zeigen ebenfalls die oben in der Tabelle zusammengestellten Versuche.

Es besteht nun aber der sogenannte elektrische Funke nicht aus einem einzigen Funken, sondern aus einer wahrscheinlich ziemlich grofsen, uns freilich bis jetzt unbekannten Anzahl derselben. Jede dieser Partialentladungen (dieser einzelnen Funken) hat aber ihren Anfang und ihr Ende, und indem die Gesammtentladung an einer Nadel vorbeischlägt, wird jede Partialentladung, welche stark genug ist, durch ihr Anfangen sowohl als durch ihr Aufhören magnetische Polarität in der Nadel erregen. Es wird also in einer Nadel, neben welcher eine starke Batterieladung hingeht, so viele abwechselnde normale und anomale Magnetisirungen nach einander geben, als einzelne Funken von der nöthigen Stärke in der Ladung aufeinander folgen. Da die kreisförmigen Ströme, welche jedes einzelne Stahltheilchen umgeben, nur eine geringe Länge haben, in welcher sie sich bewegen, so werden sie jedem Einflusse der vorbeischlagenden Funken nachgeben können; anders wäre es natürlich, wenn die Zeit, welche sie zu ihrer Bildung gebrauchten, länger wäre als die, welche zwischen zwei aufeinander folgenden Partialentladungen des Batteriefunkens verfliefst. Die einzelnen aufeinander folgenden Partialentladungen können über einander nicht gleich seyn, weil, nachdem der erste Theilfunke übergeschlagen ist, jetzt eine geringere Masse Elektricität auf derselben Oberfläche ausgebreitet ist. Nachdem der zweite Funke übergeschlagen, ist die Masse der Elektricität noch geringer u. s. w. Es werden also die aufeinander folgenden Partialentladungen sich wie immer schwächer werdende Ladungen verhalten; ihr Ueberschlagen bei einer gröfseren Schlagweite, als ihrer Stärke sonst entspräche, ist durch die vorangehenden Funken möglich gemacht. Bei einem galvanischen Strome kann man die Kohlenspitzen, nachdem sich zwischen ihnen der Übergang gebildet hat und sie stark leuchten, von einander entfernen, und der Strom geht dennoch über; wollte man sie gleich anfangs vor dem Beginnen des Stromes in diese Entfernung stellen, so würde kein Strom

übergehen. Aehnlich ist es bei der Entladung der Batterie. Wenn nun nicht blofs die erste Partialentladung auf die Nadel wirkt, sondern auch ein Theil der nachfolgenden, so wird sich diefs unter günstigen Umständen durch eine Reihe von Wechseln in der Polarität der Nadeln bei immer steigender Ladung zeigen müssen. Schon oben ist angeführt, dafs Savary bis sechs Wechsel erhalten habe. Während bei Anwendung eines dünnen Eisendrahts (von 0,1 Lin. Dicke) als Leitungsdrahtes es mir nur möglich war, nach der ersten anomalen Magnetisirung unter günstigen Umständen wieder die normale zu erlangen (s. obige Tabelle), so erhielt ich bei Anwendung von neun Flaschen und eines 0,6 Lin. dicken Kupferdrahts von 9,6 F. Länge, welcher mit der Silberspirale als Magnetisirungsspirale verbunden war, ebenfalls sechs Wechsel, welche folgenden Ladungen entsprachen:

5+	30−	40+	60 0	80+	170−
10+	35−	50+	70−	90+	
15+				120+	
20+					
25+					

Die Zahlen geben die Ladungen an, mit welchen die Versuche gemacht wurden. Als ich zu obiger Drahtlänge von 9,6 F. noch eine Länge von 89 F. desselben Drahtes hinzufügte, so erhielt ich funfzehn Wechsel, wie die folgenden Versuche angeben, in welchen die Zahlen wieder die Stärke der Ladung bedeuten:

10+	20−	30+	50−	60+	80−	90+	120−	130+	140−	150+	160−	170+	190−
		40+		70+		100+						180+	
						110+							

Es ist klar, dafs man bei Anwendung einer noch stärkeren Batterie, und dünnerer und härterer Nadeln, als ich anwandte, leicht die Anzahl der Wechsel noch bedeutend steigern könne.

Die von Savary beobachteten Wechsel beim Vorbeischlagen einer Batterieladung vor einer Reihe von Na-

deln erklären sich nach dem Angegebenen eben so leicht. Wir haben gesehen, dafs die erste magnetisirende Wirkung stets eine normale ist, und dafs damit zugleich gezeigt ist, dafs der durch den Anfang eines Funkens erzeugte Magnetismus stärker ist als der, welcher durch das Aufhören desselben hervorgerufen wird. Es mufs also auch die magnetisirende Kraft des Anfangs der ersten Partialentladung sich auf weitere Entfernung erstrekken, als die magnetisirende Kraft des Endes derselben, oder gar der übrigen Funken; folglich werden die am entferntesten liegenden Nadeln nur von der magnetisirenden Kraft des Anfangs des ersten Funkens erreicht, und müssen stets die normale Polarität zeigen. Näher am Drahte liegende Nadeln werden ebenfalls durch den Anfang des ersten Funkens magnetisirt, aber auch zugleich durch sein Aufhören; ist nun die Wirkung so stark, dafs die Nadel den Magnetismus, der vermöge der Anregung des elektrischen Funkens in ihr entstehen könnte, nicht ganz aufzunehmen vermag, so wird das Aufhören des ersten Funkens nicht blofs die durch den Anfang desselben erzeugte Polarität umkehren, sondern der Nadel noch die entgegengesetzte mittheilen, weil sie ja stärker ist als der noch in der Nadel vorgefundene Rest der Anfangsmagnetisirung. Noch näher an dem Drahte liegende Nadeln sind nun, aufser diesen beiden Einwirkungen, auch noch dem Einflusse des Anfangs der zweiten Partialentladung oder zweiten Funkens ausgesetzt; ist er stark genug, um ein gröfseres Quantum Magnetismus zu erzeugen, als die Nadel aufzunehmen vermag, so wird nicht nur der durch das Ende des ersten Funkens entstandene anomale Magnetismus vernichtet, sondern auch noch die normale Polarität hervorgerufen. Auf noch näher am Drahte liegende Nadeln wirkt dann auch das Aufhören des zweiten Funkens, und macht sie wieder anomal u. s. w.

Hat der Anfang oder das Ende eines Funkens noch

nicht solche Stärke, dafs er einen stärkeren Magnetismus erzeugen kann, als die Nadel aufzunehmen vermag, und also von der vorhergehenden Wirkung noch behalten hat, so vermag er die vorgefundene Magnetisirung nur zu schwächen, aber noch nicht umzukehren. So schwächt zuerst das Aufhören eines Funkens die durch seinen Anfang erzeugte Magnetisirung, und eben so der Anfang eines zweiten Funkens die durch das Aufhören des ersten erzeugte Magnetisirung, bis sie hinlängliche Stärke erlangt haben, um Magnetismus im Ueberschufs in der Nadel erzeugen zu können. Indem diese Polarität wächst, ohne von der nachfolgenden Magnetisirung sehr beeinträchtigt zu werden, bildet sich das Maximum, das dann bei steigender Stärke durch den Einflufs der nachfolgenden Magnetisirung abnimmt u. s. w. Auf diese Weise entstehen die regelmäfsigen Perioden in dem Magnetismus der Nadeln mit abnehmender Entfernung.

Auch die Thatsache, dafs nicht stark gehärtete Nadeln je nach ihrer Härte mehr oder weniger leicht die Umkehrung, ja biegsame Nadeln dieselbe gar nicht, sondern statt dessen erst in einiger Entfernung vom Drahte das Maximum zeigen, erklärt sich ebenfalls aus dem Vorigen. Denken wir uns z. B. eine solche Nadel, welche also sehr leicht Magnetismus aufnimmt, aber nur sehr wenig davon festhält, in die Silberspirale gelegt, und lassen einen starken Batteriefunken durch dieselbe gehen. Der Anfang und das Ende jedes einzelnen Funkens wirkt auf die Nadel; da diese aber von jedem in ihr erregten Magnetismus nur wenig festhält, so findet jede folgende Elektricität die Nadel in fast nicht magnetischem Zustande, die daher mit Leichtigkeit die jedem Zeitmomente entsprechende Polarisirung annimmt. Da der letzte wirksame, oder der schwächste noch wirksame Funke stets im positiven (normalen) Sinne wirkt, so wird er in der Nadel, welche von dem Ende des vorletzten Funkens nur noch eine schwache anomale Polarität behalten

hat, auch wenn er schwach ist, doch leicht den anomalen Magnetismus überwinden, und den normalen erzeugen. Je nach seiner Stärke richtet sich auch die Stärke dieses normalen Magnetismus, und es ist leicht einzusehen, dafs bei zunehmender Ladung die Nadeln allmälig in ihrer Stärke zu- und abnehmen werden.

Da bei diesen Magnetisirungen die letzte Wirkung des gesammten Entladungsschlages stets eine positive oder normale ist, so mufs sich diefs auch selbst noch bei glasharten Nadeln zeigen. Obwohl der schwache letzte Funke hier nicht immer, weil er eine stark, ja oft bis zu ihrem Maximum magnetisirte Nadel vorfindet, die Umkehrung bewirken kann, so wird er doch die anomale Magnetisirung schwächen und ihre Periode verkürzen. Diefs geht auch aus den oben mitgetheilten Versuchen hervor, wo man deutlich, obwohl die Gränzen nicht angegeben sind, doch das Vorwalten der positiven Perioden erkennt. Eben dasselbe zeigt sich auch in den Versuchen Savary's, in denen in der negativen Periode die Nadeln niemals die Stärke erreichen, wie in der positiven, weil die letzte Wirkung an jeder Stelle eine mehr oder weniger starke positive ist.

Nachdem wir nun die Erscheinungen der Magnetisirung durch den Hauptstrom der Batterie erklärt haben, können wir uns zur näheren Betrachtung derjenigen Magnetisirungen wenden, welche durch den sogenannten Nebenstrom hervorgebracht werden. Wenn nämlich die Entladung der Batterie durch einen Draht geschieht, neben welchem ein anderer Draht sich befindet, so entsteht in diesem zweiten Drahte, wenn er geschlossen ist, oder seine Enden nur um ein Geringes von einander entfernt sind nach der fast gleichzeitigen, aber unabhängig von einander von Marianini, Henry und Riefs gemachten Entdeckung ebenfalls ein elektrischer Strom, oder richtiger gesagt, elektrische Ströme. Es herrscht unter manchen Versuchen derselben scheinbar keine Ueber-

einstimmung, und dennoch ist sie vollständig vorhanden, sobald nur der Nebenstrom in seiner Vollständigkeit aufgefafst wird. Den rechten Weg hierzu hat schon Wrede in dem Jahresbericht von Berzelius für 1841, 20. Jahrg., S. 119 ff., angedeutet, wo er im Wesentlichen die richtige Erklärung über die Magnetisirung durch den Nebenstrom mittheilt. Es ruft nämlich der durch den Hauptdraht gehende Funke der Batterie im Nebendrahte sowohl bei seinem Anfange als bei seinem Aufhören einen elektrischen Strom hervor, von welchem der erste dem ursprünglichen entgegengesetzt, der zweite dagegen dem ursprünglichen parallel gerichtet ist. Wenn man also mit dem Nebendraht, um die Wirkung zu verstärken, eine Spirale verbindet, und in diese eine Stahlnadel legt, so wird dieselbe magnetisch werden. Da wir oben aber gesehen haben, dafs die Wirkung des Anfangs des Funkens stets gröfser ist, als die des Endes, so wird zunächst bei geringer Ladung in dem Nebendrahte der durch den Anfang des Funkens inducirte Strom, der also dem ursprünglichen entgegengesetzt gerichtet ist, die Nadel magnetisiren. Es ist diese Magnetisirung, wenn wir sie mit der Magnetisirung durch den Hauptstrom vergleichen, also die normale oder positive [1]).

Berücksichtigt man die von Riefs über die Erwärmung der Drähte durch die Entladung einer Batterie angestellten Versuche, welche überhaupt mit den von uns hier betrachteten Erscheinungen in Hinsicht auf die Stärke der Einwirkung übereinstimmen, so findet man durch dieselben bewiesen, dafs bei gleichbleibender Oberfläche der Batterie und bei demselben Entladungsdrahte die Erwärmung zunimmt proportional dem Quadrate der Elektricitätsmenge; es scheint diefs darauf hinzudeuten, dafs die stärkere Ladung nicht blofs vermöge ihrer vermehrten Masse wirkt, sondern ihre Wirkung auch noch dadurch

1) Es ist folglich hier und im Folgenden die Magnetisirung gerade umgekehrt bezeichnet, als bei Riefs.

verstärkt, dafs sie in um so kürzerer Zeit den Draht durchläuft.

Der Entladungsschlag einer Batterie besteht nun aus einer Reihe sehr schnell aufeinander folgender Funken, deren Anfang und Ende, gerade wie früher in der Nadel, so hier im Nebendrahte entgegengesetzt elektrische Ströme induciren würde, wenn der Draht wegen seiner Länge eine so rasche Entstehung und Ausbildung dieser Ströme bis zu ihrem Maximum erlaubte. Durch den Widerstand, welchen der Draht der Bewegung der Elektricität entgegensetzt, werden die dem Anfange und Ende jeder einzelnen Partialentladung entsprechenden Ströme gehindert werden, sich auszubilden, ja bei grofser Heftigkeit, also bei sehr starken Ladungen, welche, wie wir gesehen haben, sich so verhalten, als ob sie in noch kürzerer Zeit sich bewegten, wird selbst der dem Anfange der ersten Partialentladung entsprechende Strom sich nicht gehörig ausbilden können, es wird die seiner Wirkung unterworfene Nadel keinen oder nur einen schwachen Magnetismus annehmen. Das Ende der ganzen Ladung vermag aber mit voller Kraft auf den Nebendraht zu wirken, es wird also in diesem dann ein Strom entstehen, welcher dem ursprünglichen gleichgerichtet ist, und die Nadel, welche er schwach normal oder positiv magnetisirt vorfindet, in seinem Sinne, d. h. anomal oder negativ magnetisirt. Ist diefs die richtige Ansicht von dem Nebenstrome, so ist klar, dafs alles, was die Leitung im Nebendrahte schwächt, ohne jedoch der inducirenden Wirkung des Hauptdrahtes Eintrag zu thun, also Einschaltung von Drahtlängen, die Bildung des Anfangsstromes und die demselben entsprechende normale Magnetisirung hemmen, und dem Endstrome die Nadel in fast nicht magnetischem Zustande überlassen wird. Es wird also bei gleichbleibender Induction des Hauptdrahts auf den Nebendraht durch Einschaltung von immer mehr Draht in die Nebenschliefsung die anomale Magnetisirung

immer früher eintreten, ja bei sehr grofser eingeschalteter Drahtlänge wird die normale Magnetisirung gar nicht entstehen, sondern nur die anomale. Diesem letzten Fall entsprechend ist es auch, wenn man die Enden des Nebendrahts nicht durch eine Spirale oder andern Draht metallisch verbindet, sondern die Nebenschliefsung an einer Stelle ein wenig öffnet, so dafs der Nebenstrom in Funken übergehen mufs; es kommt hier auch nur die Induction von dem Aufhören des Funkens zu ihrer vollen Ausbildung. Da aber durch die Einschaltung von Drähten in die Nebenschliefsung in dieser die schnelle Bewegung der Elektricität gehemmt wird, so wird auch die magnetisirende Wirkung schwächer werden; es wird also, obwohl anfangs bei Zusatz von geringen Drahtlängen die anomale Magnetisirung leichter erfolgt, bei gröfserem Zusatze durch die Verlangsamung des Stromes die Periode der anomalen Magnetisirung immer später erscheinen. — Dadurch, dafs die Nebenschliefsung schlechter leitend gemacht wird, wird ihr Einflufs auf den Hauptstrom geschwächt, dieser kann sich schneller bewegen, wodurch ebenfalls die Entstehung der anomalen Magnetisirung bedingt wird.

Da Verkleinerung der Oberfläche der Batterie, wie oben schon angegeben, beschleunigend wirkt (wenn ich mich so ausdrücken darf), so wird natürlich dieselbe Quantität Elektricität auf einer kleineren Oberfläche angesammelt früher die Umkehrung oder anomale Magnetisirung bewirken. So erzeugen z. B. neun Flaschen bei einer Ladung $=30$ erst die anomale Magnetisirung, während bei Anwendung von einer Flasche diefs schon bei acht geschehen ist (s. weiter unten).

Dafs dickere Nadeln durch den Nebenstrom fast eben so leicht anomal magnetisirt werden als dünne, ist klar, weil ja der Endstrom die Nadel in nicht oder fast nicht magnetischem Zustande vorfindet; er hat also nicht viel Magnetismus zu vernichten, um den seinigen vorwal-

waltend zu machen. Etwas später muſs jedoch die normale sowohl als anomale Polarität sich zeigen, weil die magnetisirende Kraft bei der dicken Nadel stärker seyn muſs als bei der dünnen.

Die Wirkung, welche eine Einschaltung im Hauptstrom auf die Magnetisirung durch den Nebenstrom ausüben wird, ist nach dem Mitgetheilten leicht zu finden; da durch diese Einschaltung der Hauptstrom, wenn auch nicht in seiner Masse geschwächt, so doch in der Zeit verlangsamt wird, so wird dadurch der Anfangsstrom an Zeit zu seiner Bildung und damit an Kraft gewinnen, um die ihm unterworfene Nadel zu magnetisiren. Wird die Einschaltung in der Hauptschlieſsung immer gröſser, so rückt die anomale Magnetisirung immer weiter auf stärkere Ladungen, und wird eine gewisse Gränze überschritten, so entsteht sie gar nicht mehr; die Nadel wird dann auch durch die stärkste Ladung nur normal magnetisirt.

Entfernt man den Haupt- und Nebendraht weiter von einander, so wird, da wir früher gesehen haben, daſs der Anfang der Entladung stärker und weiter wirkt als das Ende, die inducirende Wirkung des Anfangs immer mehr die des Endes überwiegen. Hat man z. B. die Batterie so stark geladen, daſs beim Entladen, wenn die beiden aufeinander wirkenden Drähte bloſs 1 Linie von einander entfernt sind, der Endstrom vorherrscht, d. h. die Nadel anomal magnetisirt wird, so wird bei derselben Ladung durch Entfernen der beiden Drähte die Magnetisirung im anomalen Sinne immer schwächer werden, in einer gewissen Entfernung wird die Nadel gar keinen Magnetismus zeigen, in einer noch gröſseren dagegen normalen, d. h. sie wird durch den Anfangsstrom vorzugsweise (stärker als durch den Endstrom) magnetisirt. Je weiter man die Drähte entfernt, desto mehr überwiegt die Wirkung des Anfangsstroms, die Nadel erreicht das Maximum des normalen Magnetismus, und bleibt bei gröſserer Entfernung bis zur gänzlichen Verschwindung aller

Wirkung normal. Diefs erklärt die von Henry schon beobachtete und in der oben angeführten Abhandlung erwähnte Erscheinung, dafs, wenn man den Nebenstrom durch zwei ebene Drahtspiralen, von denen die eine in der Hauptschliefsung sich befindet, die andere aber die Nebenschliefsung bildet, erzeugt, eine Nadel durch den Nebenstrom bei starker Ladung der Batterie anomal magnetisirt wird, wenn die beiden Spiralen einander nahe stehen, dagegen bei derselben Ladung normal, wenn die Spiralen von einander entfernt werden.

Die im Folgenden mitgetheilten Versuche werden nun zeigen, dafs die eben angegebene Theorie mit der Erfahrung in völligem Einklange steht. Die erste Reihe enthält diejenigen Drahtlängen des Haupt- und Nebendrahts, durch welche der Nebenstrom gebildet wurde, wobei, um ihn mehr zu verstärken, statt geradliniger Drähte, natürlich auch Spiralen angewandt wurden, von denen die eine die andere umgab oder ihr parallel war. Die zweite Reihe enthält die in dem Hauptstrome gemachte Einschaltung, wobei aber der Entlader und 9,6 F. Kupferdraht (von 0,6 Lin. Dicke) nicht mitgerechnet sind, weil sie in allen Versuchen vorhanden waren; sie müssen also stets zu dem angegebenen addirt werden. In der dritten Reihe findet sich die Einschaltung in die Nebenschliefsung, wobei aber die Silberspirale nicht mitgerechnet ist, weil sie ebenfalls in allen Versuchen vorhanden war. Die vierte Reihe enthält diejenige Ladung der Batterie, welche unter den versuchten als die stärkste noch positive Magnetisirung hervorbrachte, d. h. sie war noch erzeugt durch einen Strom, der dem Hauptstrom entgegengesetzt sich bewegte. Die fünfte Reihe enthält auf gleiche Weise diejenige der versuchten Ladungen, bei welcher, als der schwächsten, die Magnetisirung zuerst als anomal, also durch den Endstrom hervorgebracht, beobachtet wurde. Unterhalb der Angaben in der vierten Reihe war, wenn nichts weiter bemerkt, die Magnetisi-

rung stets normal, oberhalb der Angaben in der fünften Reihe stets anomal. Es hätte sich diese Gränze durch mehrere Versuche genau und scharf bestimmen lassen; es genügen aber die angegebenen Bestimmungen vollständig, um das Frühere zu beweisen. Wo nichts steht, wurde kein Versuch gemacht; wo k. M. steht, konnte keine Magnetisirung mehr erzeugt werden. — Die beiden ebenen Spiralen, jede von 50 F. Draht, waren auf Holzscheiben befestigt; von den andern Spiralen befand sich die innere in einer Glasröhre.

Erregung des Nebenstroms durch:	Einschaltung in die Hauptschliefsung	Einschaltung in die Nebenschliefsung	Beob. Polarität, erzeugt durch: Anfangsstrom (norm.) bei Lad.	Endstrom (anom.) bei Lad.	Bemerkungen
1) Zwei Kupferdrähte, jeder 6 F. lang, einer in der Haupt-, der andere in der Nebenschliefsung; $2\frac{1}{2}$ F. des letzteren lagen neben $2\frac{1}{2}$F. des ersteren. durch eine Glasröhre getrennt, in welcher sich der eine Draht befand.	o	o	15—30	40	zwischen 15 bis 30 scheint ein Wechsel angedeut. zu seyn, denn die Nadel ist bei 20 u. 25 nicht magnetisch, bei 15 und 30 aber normal.
	89 F. Kupferdraht (0,6 Zoll dick).	o	15	40	Nadel bei 20, 25, 30 nicht magnetisch.
	19 F. dikken Messingdraht als Spirale, neben welcher eine gleiche durch Glasröhre getrennte Spirale v. 19 F. desselben Drahts geschlossen.	o	20	30	

Erregung des Nebenstroms durch:	Einschaltung in die Hauptschliefsung	Einschaltung in die Nebenschliefsung	Beob. Polarität, erzeugt durch: Anfangsstrom (norm.) bei Lad.	Endstrom (anom.) bei Lad.	Bemerkungen
	Ebenso, nur die zweite Spirale geöffnet.	o	30	50	würde wahrscheinlich schon bei 40 anomal geworden seyn, wenn es versucht wäre.
	Flache, in Holz gel. Kupfersp. von 50 F. dick. Dr.	o		20	bei 10 nicht magnetisch.
	Zwei solcher Spiralen, also 100 F. Dr.	o		30	bei 30 erst sehr schwach.
	Zwei F. dünner Eisendr.	o	40		ist vielleicht auch noch bei stärkeren Ladungen normal, es war nicht weiter versucht.
2) Die zwei ebenen Spiralen, jede von 50 F. Kupferdraht, der in Holzscheiben eingelassen war. Sie konnten durch Stellen in verschiedene Entfernungen gebracht werden. 9 Fl. in d. Batterie. Entfernung d. Spiralscheiben, 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linie.	o	12 F. Kupferdraht.	10—20	30	es scheint aber ähnlich wie oben bei 15 ein Minim. zu liegen.
Ebenso.	o	12 F. Kupferdr. u. 64 F. dünner Eisendraht.		10	

Erregung des Nebenstroms durch:	Einschaltung in die Hauptschliefsung	Einschaltung in die Nebenschliefsung	Beob. Polarität, erzeugt durch: Anfangsstrom (norm.) bei Lad.	Endstrom (anom.) bei Lad.	Bemerkungen
Entfernung d. Spiralscheiben, 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linie.	o	12 F. Kupferdr. u. 265 Fufs dünner Eisendr.	k. M.	60	bei 30 und 40 nicht magnetisch.
1 Zoll	o	12 F. Kupferdraht.	20	30	bei genaueren Gränzbestimmungen würde sich ein Unterschied gefunden haben.
3 Zoll	o	desgl.	20	30	
6 Zoll	o	desgl.	40	60	
9 Zoll	o	desgl.	80	100	
24 Zoll	o	desgl.	150	k. M.	
5 Fl. in d. Batterie. Entfernung d. beiden Scheiben 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linie.	o	desgl.	15	22	
9 Zoll	o	desgl.	85	85	
2 Fl. in d. Batterie. Entfernung d. beiden Scheiben 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linie.	o	desgl.	10	15	bei 15 schien zwischen den Spiralen ein Funke übergeschlagen zu seyn.
1 Fl. in d. Batterie. Entfernung d. beiden Scheiben 1 bis $1\frac{1}{2}$ Linie.	o	desgl.	5	8	bei 8 ebenso.
3) Zwei Spiralen aus dickem Messingdraht, jeder Draht 19 F. lang, getrennt durch eine Glasröhre.					
Hauptstrom in der äufseren, Nebenstrom in der inneren.	o	12 F. Kupferdraht.	30—40	50	Andeutung eines Minimums bei 10.
Ebenso.	o	12 F. Kupfdr. u. 9,6 F. dünner Eisendr.		30	bei 20 nicht magnetisch.

Erregung des Nebenstroms durch:	Einschaltung in die Hauptschliefsung	Einschaltung in die Nebenschliefsung	Beob. Polarität, erzeugt durch: Anfangsstrom (norm.) bei Lad.	Endstrom (anom.) bei Lad.	Bemerkungen
Hauptstrom in der äufseren, Nebenstrom in der inneren.	9,6F. dünner Eisendraht.	12 F. Kupferdraht.	150	k. M.	
Hauptstrom in der inneren, Nebenstrom in der äufseren.	o	desgl.	40	60	bei 50 ziemlich unmagnetisch.
4) Zwei Spiralen aus dickem Messingdraht, jeder Draht 2 F. lang, getrennt durch eine Glasröhre.					
Hauptstrom in der äufseren, Nebenstrom in der inneren.	o	o	90	150	bei 30 normal, bei 70 Null, bei 90 wieder normal, also Andeutung eines Minim.

Mit der oben aufgestellten Ansicht stimmen aber auch sämmtliche Versuche von Riefs, Henry, Marianini und Matteucci. Ich will hier gleich das erste Beispiel von Riefs anführen [1]). Alles übrige gleichgesetzt, unterschieden sich die beiden Versuchsreihen von Riefs nur dadurch, dafs in dem einen Fall die Magnetisirungsspirale von Platindraht, im zweiten von Kupferdraht war.

Ladung	5	10	20	30	20**)	30 **) [2])
Platinspirale	−0,3	−3,2	−5,5	−6,5	−7,0	−10
Kupferspirale	+2	+2	+2		−4,7	−27.

1) Poggendorff's Annal., Bd. 47, S. 62, nur mit umgekehrten Vorzeichen.

2) Bei diesen mit ** bezeichneten Ladungen 20 und 30 war die Nebenschliefsung ein wenig geöffnet, so dafs ein Funke übersprang. Die mit den Vorzeichen + und — versehenen Zahlen geben die Stärke des Magnetismus an.

Da der Platindraht dünner ist und schlechter leitet, so mufs natürlich die anomale (—) Magnetisirung um so früher eintreten; bei Unterbrechung der Nebenschliefsung tritt sie auch bei der Kupferspirale ein. Eben so lassen sich auch die übrigen von Riefs angestellten Versuche erklären, mit Ausnahme zweier auf S. 67 des 47. Bandes von Poggendorff's Annalen, wo bei 25 Flaschen und einer Ladung =40, und bei 5 Flaschen und einer Ladung =30, und geöffneter Nebenschliefsung (so dafs ein Funke überspringen mufste) normale Magnetisirungen angegeben sind, obwohl bei um 10 schwächeren Ladungen in beiden Fällen schon anomale Magnetisirungen angegeben sind. Hier hat wahrscheinlich irgend ein Versehen stattgefunden.

Die Versuche Marianini's kenne ich nur aus dem Auszuge, welcher sich in den *Annales de chimie et de physique*, 3. *série*, *t. X*, findet. Obwohl er ein anderes Verfahren angewandt hat, als ich, ist er doch zu demselben Resultate gelangt. Er leitete nämlich den Nebenstrom durch eine Spirale, welche einen kleinen Eisencylinder umgab; über diesem hing eine Magnetnadel. Durch den Nebenstrom wurde die Nadel abgelenkt, und es zeigte sich bei schwachen Ladungen der Cylinder normal magnetisch, bei stärkeren anomal.

Henry's Versuche finden sich in Poggendorff's Annalen, Supplementband vom Jahre 1842; er hat nicht auf die Stärke der Elektricität, die er anwandte, geachtet, und seine Versuche sind dadurch unvollständig, stimmen aber alle mit den obigen überein. — Die Resultate aus den Versuchen von Matteucci führt Riefs an. (Repert. der Phys., Bd. 6, S. 222.)

Dafs bei der angegebenen Entstehung des Nebenstroms die von Riefs auf den Pechflächen erhaltenen Figuren, und die Resultate, welche er durch den Condensator gewann, stets dieselben bleiben müssen, folgt aus der immer gleichen Zusammensetzung des auf diese

Weise erhaltenen Nebenstroms. Uebrigens sind die von Riefs [1]) zusammengestellten Figuren (auf den Pechflächen) und Magnetisirungen gar nicht vergleichbar, weil beide in einer Reihe stehende Angaben nicht durch denselben Versuch gewonnen wurden. Es ist nämlich, wie oben gezeigt wurde, zwischen einer geöffneten Nebenschliefsung, bei welcher die Figuren entstanden, und der geschlossenen, in welcher magnetisirt wurde, ein gewaltiger Unterschied, den Riefs übersehen hat; bei geöffneter Kette wird die Nadel stets anomal, weil nur der Endstrom wirkt, und dieser bestimmt auch die Figur. Es ist also stets die elektrische Figur und Magnetisirung übereinstimmend. Dasselbe gilt von den Versuchen mit dem Condensator; auch bei diesen war die Nebenschliefsung stets geöffnet, so dafs ein Funke überspringen mufste. Der von Riefs aufgestellte Satz: »der Nebenstrom einer Batterie ist unter allen Umständen gleichgerichtet; seine Richtung im Nebendrahte ist vorherrschend die eines Stromes, der mit dem Hauptstrome im gleichen Sinne läuft«, gilt also nur bei der geöffneten Nebenschliefsung. Allgemein mufs dieser Satz so heifsen: Der Nebenstrom einer Batterie besteht aus zwei oder auch wohl mehreren entgegengesetzten Strömen; bei schwachen Ladungen oder grofsem Leitungswiderstande im Hauptdrahte ist der aus denselben resultirende Strom dem Hauptstrom entgegengesetzt, bei starken Ladungen oder grofsem Leitungswiderstande im Nebendrahte, demselben gleichlaufend. Ich habe absichtlich hinzugefügt: »oder auch wohl mehreren entgegengesetzten Strömen«, weil wir bei der Magnetisirung der Nadeln durch den Hauptstrom eine Reihe von Strömen entstehen sehen; ja aus vorstehenden Versuchen scheint hervorzugehen, dafs auch bei guter Leitung in einem Nebendrahte Wechsel der Polarität, also mehr als zwei inducirte Ströme erhalten werden können.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 51, S. 355.

III. *Ueber das Gesetz, nach welchem ein nicht isolirter Körper von der Innenseite der elektrischen Batterie angezogen wird;*
von K. W. Knochenhauer.

Diese Annalen, Bd. 58, S. 216, habe ich zwei Versuchsreihen mitgetheilt, denen zufolge eine mit der Innenseite der Batterie verbundene Kugel eine andere nicht isolirte mit gleicher Kraft anzieht, wenn die jedesmaligen Ladungen der Batterie den Abständen der beiden Kugeln, gemessen zwischen den einander zunächst gelegenen Punkten der Oberflächen, proportional sind. Die Einfachheit dieses Gesetzes, welches überdiefs durch wiederholte Versuche leicht bestätigt werden kann, liefs mich darauf denken, eine Herleitung desselben mit Hülfe der ebendaselbst, S. 43, mitgetheilten Formel für die Quantität der gebundenen Elektricität zu versuchen; denn da diese Formel nach meiner Ansicht durch meine neuen Beobachtungen über den Nebenstrom, wie man übrigens auch den Zusammenhang zwischen beiden Vorgängen auffasse, eine Bestätigung erhalten hat, und ganz abgesehen von ihrer Form jedenfalls zur Berechnung annähernd genaue Zahlenwerthe liefert, so verband sich mit dieser Untersuchung für mich das besondere Interesse, an einem so ganz einfachen Falle zu zeigen, dafs mit der Annahme der genannten Formel die übrigen Hergänge nach dem wohl allgemein anerkannten Gesetze, dafs gegenseitig gebundene Elektricitäten sich umgekehrt nach dem Quadrate ihrer Entfernungen anziehen, ohne weitere Schwierigkeiten erklärt werden könnten.

Zur vollen Sicherstellung der vorliegenden Untersuchung möge zuvörderst die an sich zwar unverfängliche Annahme, dafs die Intensität der freien Elektricität

auf der Innenseite der Batterie der Ladung derselben proportional bleibt, durch directe Versuche bestätigt werden. Man erreicht diesen Zweck, wenn man die Innenseiten zweier gut isolirten Batterien, *A* und *B*, durch die beiden Arme eines Henley'schen Ausladers mit seinen getrennten Kugeln *C* verbindet, und zugleich die äufseren Belegungen in ununterbrochene leitende Verbindung setzt. Bringt man hiernach aufsen die Lane'sche Flasche an und ladet die Batterie *A*, so wird, nach einer gewissen Zahl von Ueberschlägen der Lane'schen Flasche, der Funke über die Kugeln *C* springen und *B* gleichfalls so weit laden, dafs in beiden Batterien, bis auf das Residuum, das bekanntlich in *A* bleibt, vollkommenes Gleichgewicht der freien Elektricitäten stattfindet. Wenn nun die freie Elektricität sich zur Ladung streng proportional erhebt, so mufs bei fortgesetzter Ladung von *A* ein abermaliger Funke über *C* erst entstehen, sobald die von Neuem in *A* hinzugeführte Quantität der Elektricität mit Einrechnung des Residuums der bis zur ersten Entladung verbrauchten gleich ist; und ebenso weiter bei erneuerten Entladungen. Sollte sich dagegen die freie Elektricität nur in etwas abweichender Weise von der Annahme entwickeln, so wird die vermehrte oder verminderte Zahl der Selbstentladungen der Lane'schen Flasche diefs unmittelbar angeben. Bei den Versuchen wurde, nach dem ersten Ueberschlag über *C* die Batterie *B* durch Verbindung ihrer Innen- und Aufsenseite zunächst wiederum entladen, indem sich damit auch *A* über *C* weg entlud und das Residuum in *A* blieb, so dafs jetzt der erste neue Ueberschlag sogleich die erforderliche Zahl der Lane'schen Maafsquanta angab, die, unabhängig von dem Residuum, zur ersten Entladung von *A* erfordert wird. Man findet in den nachstehenden Beobachtungsreihen, wo *A* aus 3, *B* aus 1 Flasche bestand, und die Abstände der Kugel *C* beliebig verändert wurden, in der ersten Horizontalreihe die

Zahl der Maafsquanta bis zur ersten Entladung der von Elektricität noch ganz freien Batterie A; in der zweiten dieselbe Zahl, nachdem durch Entladung von B auch A über C weg entladen und in A das Residuum geblieben war; in den folgenden endlich die Zahlen, wenn hierauf A unausgesetzt weiter geladen wurde, bis immer neue Funken über C erfolgten. Die Versuche wurden abgebrochen, sobald die Batterien die ihnen mitgetheilten Ladungen nicht mehr mit Sicherheit hielten.

1. Reihe.

					Mittel.
8	7¾	8	7¾	8	7,9
7	7	7	7	7	7,0
7	7	7	7	7	7,0
7	7	7	7	6¾	6,95
7	7	7	7	6¾	6,95

2. Reihe.

			Mittel.
15	15	15	15,0
14	13	14	13,7
13	14	13½	13,5
13	13½	13½	13,3

3. Reihe.

				Mittel.
19	18	19	18¾	18,7
17	17	17	17	17,0
16	17	17	17	16,8
17	16	17	16½	16,6
16	17	17	16½	16,6

4. Reihe.

				Mittel.
23¾	24	24	23½	23,8
22	21½	21½	21½	21,6
22	21½	21½	21½	21,6
21¾	21	21	21	21,2

5. Reihe.

			Mittel.
29½	29¾	29½	29,6
26½	26	26	26,2
27	26	26	26,3

Die vorstehenden Reihen, deren Differenzen zu unbedeutend sind, bestätigen also den Satz, dafs sich im Innern der Batterie die freie Elektricität proportional zur gesammten Ladung entwickelt.

Zu den Hauptversuchen wurde eine Messingkugel von 19 Par. Lin. Durchmesser mit ihrem senkrecht nach unten gehenden Drahte in einer gläsernen Röhre befestigt, und konnte in einem passenden, tiefer zurücktretenden Gestelle in beliebiger Höhe eingestellt werden. Der untere Theil ihres Drahtes stand durch einen be-

weglichen Horizontaldraht mit der Innenseite der aus 4 Flaschen gebildeten Batterie in Verbindung. Ueber der Kugel war an einem langen Waagebalken, und zwar an einem von dessen Ende auslaufenden Drahte eine horizontale Messingscheibe von 24¾ Lin. Durchmesser befestigt, deren Schwere, durch Gegengewicht ausgeglichen, noch einen Zusatz von 2¼ Gran verlangte, um den am andern Ende unterstützten Waagebalken auf ihrer Seite zum Niedersinken zu bringen. Stellte man nun die Kugel in eine bestimmte, im Lichten gemessene Entfernung von der Platte, so erfolgte nach einer bestimmten, durch die Ueberschläge an der Lane'schen Flasche gemessenen Ladung der Batterie Anziehung der Platte, und die Batterie entlud sich über den Waagebalken, indem die Pfannen, worin die Schneiden ruhten, mit dem Boden in leitende Verbindung gesetzt waren. Offenbar ist die Attractionskraft immer dieselbe, aus welcher Entfernung auch die Platte auf die Kugel niedersinkt. — Allein zur richtigen Bestimmung der freien, auf der Kugel befindlichen Elektricität, und ferner wegen ihrer Wirkungsweise auf die von ihr gebundene mufsten noch zwei Untersuchungen vorangehen. In Betreff des ersten Punktes nämlich ist es zwar einleuchtend, dafs die freie Elektricität auf der Kugel mit der Ladung der Batterie proportional bleibt; allein da die Lane'sche Flasche mit der isolirten Aufsenseite in Verbindung steht und sich erst entladet, wenn die freie Elektricität auf dieser Seite eine Intensität bis zum Ueberschlag über ihre Kugeln erlangt hat, so vermehrt sich mit dieser äufseren freien Elektricität auch die freie im Innern der Batterie; sie wogt von jeder Entladung der Lane'chen Flasche bis zur andern auf und geht mit jedem neuen Schlage wieder zurück. Deshalb sieht man auch die Platte erst sinken, wenn die Lane'sche Flasche sich eben entladen will, und war der Zug nicht stark genug, um die Platte schnell herunterzuführen, so kehrt sie wohl nach dem Schlage zurück

und kommt erst kurz vor dem neuen herunter. Bei meinen früheren Versuchen war ich diesem Uebelstande dadurch entgegengetreten, dafs ich den isolirten Waagebalken mit der äufseren Belegung der Batterie in leitende Verbindung gesetzt hatte, und dadurch das innere und äufsere Aufschwellen der freien Elektricitäten sich aufheben liefs. Allein bei den jetzigen Versuchen, wo es nur auf den richtigen Werth der beobachteten Zahlen ankam, schien mir diefs Verfahren nicht mehr statthaft zu seyn, da keine Sicherheit vorlag, dafs die auf der Kugel und der Platte befindlichen freien Elektricitäten, die aus dem Anschwellen entspringen, auf beiden Seiten von ganz gleicher Intensität auftreten; ja die verschiedene Form der beiden Seiten wies diese Annahme entschieden zurück. Ich setzte daher die Platte mit dem Erdboden in leitende Verbindung, damit sie nur gebundene Elektricität enthielte, und bestimmte die Gröfse der durch das Anschwellen vermehrten Intensität der Kugel dadurch, dafs ich in einem besonderen Versuche die Batterie über die Kugeln der Lane'schen Flasche entlud, und die Umdrehungen der Scheibe zählte, die bis zu dieser Entladung erforderlich waren; wurden hierauf die Lane'schen Schläge gezählt, die beim Laden der Batterie der gefundenen Zahl der Scheibenumdrehungen entsprachen, so gaben diese die Zahl, die bei den späteren Versuchen zur Ladung der Batterie, so weit sie nach der Lane'schen Flasche bestimmt war, noch hinzugelegt werden mufste, um die Intensität auf der Kugel zu haben, welche eben die Anziehung der Platte bedingte. Ich würde sicher die Batterie überhaupt nicht isolirt und ihre Ladung nach den Umdrehungen der Scheibe gezählt haben, wobei in der That die Platte stätiger und ruhiger sinkt, wenn nicht bei dem etwas feuchten Wetter der Verlust der Batterie noch zu grofs gewesen wäre, um die Umdrehungen, besonders bei stärkeren Ladungen, als Maafs derselben zu nehmen. — Was ferner die Wir-

kungsweise der Elektricität auf die von ihr gebundene betrifft, so könnte bei dem noch schwankenden Stande unserer Kenntnisse leicht ein Zweifel darüber obwalten, ob bei gleichem Abstande der Platte von der Kugel die gegenseitige Attraction zu dem Producte der beiden Elektricitäten proportional stehe, daſs also, wenn man die Batterie mit q Quanta ladet, wo die Gröſse der gebundenen Elektricität gleichfalls mit q proportional ist, die Attractionskraft sich im Verhältnisse von q^2 steigere. Um hierüber Gewiſsheit zu erhalten und zugleich den vorher berührten Punkt über die Vergröſserung der unmittelbar beobachteten Maaſsquanta zu erörtern, stellte ich die Kugel in etwa 6 Lin. Abstand von der Platte, beobachtete zuerst nach Umdrehungen der Scheibe die Gröſse der erforderlichen Ladung, wenn nur die Platte allein; dann wenn sie bei Einsatz von 4, 8 und 12 Gran in eine am andern Ende des Waagebalkens angebrachte Schale niederbewegt werden sollte; zweitens bestimmte ich dieselben Ladungen nach der Lane'schen Flasche, nachdem die Batterie isolirt war. Es ergaben sich folgende Zahlen als Mittel aus je drei, in No. 1 vollkommen, in No. 2 ziemlich genau übereinstimmenden Beobachtungen.

No. 1.

E	U	U^2	D 4 Gr.
0	$5\frac{1}{4}$	27,6	49
4	$8\frac{3}{4}$	76,6	50
8	$11\frac{1}{4}$	126,6	62,5
12	$13\frac{3}{4}$	189,1	

No. 2.

E	q	q^2	D 4 Gr.	q corr.	q^2	D 4 Gr.
0	$6\frac{1}{2}$	42,2	160,9	$11\frac{1}{2}$	132	239
4	$14\frac{1}{4}$	203,1	187,0	$19\frac{1}{4}$	371	241
8	$19\frac{3}{4}$	390,1	210,1	$24\frac{3}{4}$	612	258
12	$24\frac{1}{2}$	600,2		$29\frac{1}{2}$	870	

In No. 1 giebt E den Einsatz in die Schale nach Granen an, U die erforderlichen Umdrehungen der Scheibe,

bis die Anziehung der Platte erfolgte, U^2 die Quadrate der Ladungen, und D die Attractionskraft, um 4 Gr. zu bewegen. Da die Zahl 62,5 etwas zu grofs ist, so zeigt sich hierin die Unvollkommenheit der Zählung nach Umdrehungen der Scheibe. Die Richtigkeit der Attractionskraft wird durch die Gröfse 27,6 bestätigt, welche, wie oben bemerkt wurde, einem Gewichte von $2\frac{1}{4}$ Gr. entsprechen mufs, und wir finden $\frac{50.2\frac{1}{4}}{4}=28\frac{1}{8}$, wie es die Beobachtung fordert. In No. 2 wurden die Ladungen der Batterie nach den Schlägen q der Lane'schen Flasche gezählt, und man findet in der zweiten Columne die wirklich beobachteten Zahlen; auch hier scheinen die Differenzen für 4 Gr. zu stimmen, und würden im Mittel 186 ergeben; allein 42,2 bei 0 Einsatz entspräche gegen die Wirklichkeit nur einer Belastung von 1 Gr. Es waren aber zum Ueberschlag über die Kugeln der Lane'schen Flasche eine Ladung der Batterie von 5—6 q erforderlich; addirt man daher 5 zu den beobachteten Zahlen, so ist die Differenz auf 4 Gran $=246$ und $\frac{246.2\frac{1}{4}}{4}=138,4$, welche Gröfse nun erst mit der beobachteten 132 übereinstimmt. — Nach diesen Voruntersuchungen wurde das so eben verfolgte Verfahren mit Einlage verschiedener Gewichte auch zu den nachstehenden Hauptversuchen beibehalten, um genaue Zahlen zu erhalten. Leider verlangte das etwas feuchte Wetter, dafs wegen der Verluste bei stärkeren Ladungen überhaupt etwas schneller gedreht werden mufste, so dafs die Anziehung etwas stofsweise erfolgte; diefs brachte eine geringe Einwirkung auf die Beobachtungen bei 0 Gr. Einsatz hervor, die meistens nur einer Belastung von 2 Gr. entsprechen; doch da alle Beobachtungen unter gleichen Verhältnissen angestellt wurden, so gleichen sich die Fehler in den Differenzen aus. Beide Reihen machte ich doppelt, und gebe die Mittelzahlen aus je drei Beob-

achtungen; in der ersten ist q um 7, in der zweiten um 6 vermehrt, da bei beiden der Abstand der Kugeln an der Lane'schen Flasche nicht ganz gleich war. Die Bedeutung der Zeichen ist wie vorher in No. 2, und die Distanzen d zwischen Platte und Kugel, zu 3 Lin. als Einheit genommen, wurden von 1 bis 5 d verändert.

1. Reihe.

1 d.

E	q		q Mitt.	q^2	D 8 Gr.
8	$19\frac{1}{3}$	18	$18\frac{2}{3}$	349	301
16	$26\frac{2}{3}$	$24\frac{1}{3}$	$25\frac{1}{2}$	650	311
24	$31\frac{2}{3}$	$30\frac{1}{3}$	31	961	

2 Gr. Mittel = 76,5

2 d.

E	q		q Mitt.	q^2	D 2 Gr.
0	$13\frac{2}{3}$	13	$13\frac{1}{3}$	178	177
2	19	$18\frac{2}{3}$	$18\frac{5}{6}$	355	182
4	$23\frac{2}{3}$	$22\frac{2}{3}$	$23\frac{1}{6}$	537	174
6	$26\frac{2}{3}$	$26\frac{2}{3}$	$26\frac{2}{3}$	711	219
8	$30\frac{2}{3}$	$30\frac{1}{3}$	$30\frac{1}{2}$	930	

2 Gr. Mittel = 188

3 d.

E	q		q Mitt.	q^2	D 2 Gr.
0	$20\frac{2}{3}$	$18\frac{2}{3}$	$19\frac{2}{3}$	387	306
2	$27\frac{2}{3}$	25	$26\frac{1}{3}$	693	374
4	$33\frac{2}{3}$	$31\frac{2}{3}$	$32\frac{2}{3}$	1067	390
6	$38\frac{2}{3}$	$37\frac{2}{3}$	$38\frac{1}{6}$	1457	365
8	$42\frac{2}{3}$	$42\frac{2}{3}$	$42\frac{2}{3}$	1822	

2 Gr. Mittel = 359

4 d.

E	q		q Mitt.	q^2	D 2 Gr.
0	25	$24\frac{1}{3}$	$24\frac{2}{3}$	608	571
2	35	$33\frac{2}{3}$	$34\frac{1}{3}$	1179	585
4	$42\frac{2}{3}$	$41\frac{1}{3}$	42	1764	556
6	$48\frac{2}{3}$	$47\frac{2}{3}$	$48\frac{1}{6}$	2320	

2 Gr. Mittel = 571

5 d.

E	q		q Mitt.	q^2	D 2 Gr.
0	30	$29\frac{2}{3}$	$29\frac{5}{6}$	890	791
2	41	41	41	1681	852
4	$50\frac{2}{3}$	50	$50\frac{1}{3}$	2533	

2 Gr. Mittel = 821.

Stellt man die für eine Attraction von 2 Gr. gefundenen Werthe zusammen, indem man aus ihnen q ableitet, so ergiebt sich:

d	q für 2 Gr.
1	8,75
2	13,71
3	18,94
4	23,89
5	28,65

2. Reihe.

1 d.

E	q		q Mitt.	q^2	D 8 Gr.
8	$16\frac{2}{3}$	16	$16\frac{1}{3}$	267	262
16	$23\frac{1}{3}$	$22\frac{2}{3}$	23	529	331
24	$29\frac{2}{3}$	29	$29\frac{1}{3}$	860	251
32	$34\frac{1}{3}$	$34\frac{1}{3}$	$34\frac{1}{3}$	1111	

2 Gr. Mittel = 70

2 d.

E	q		q Mitt.	q^2	D 2 Gr.
4	$20\frac{1}{3}$	$20\frac{2}{3}$	$20\frac{1}{2}$	420	164
6	$24\frac{2}{3}$	$23\frac{2}{3}$	$24\frac{1}{6}$	584	172
8	$27\frac{1}{3}$	$27\frac{2}{3}$	$27\frac{1}{2}$	756	134
10	$29\frac{2}{3}$	30	$29\frac{5}{6}$	890	199
12	33	33	33	1089	

2 Gr. Mittel = 167

3 d.

E	q		q Mitt.	q^2	D 2 Gr.
0	$14\frac{2}{3}$	$14\frac{1}{3}$	$14\frac{1}{2}$	210	274
2	22	22	22	484	328
4	$28\frac{2}{3}$	$28\frac{1}{3}$	$28\frac{1}{2}$	812	321
6	34	$33\frac{1}{3}$	$33\frac{2}{3}$	1133	336
8	$38\frac{1}{3}$	$38\frac{1}{3}$	$38\frac{1}{3}$	1469	

2 Gr. Mittel = 307

4 d.

E	q		q Mitt.	q^2	D 2 Gr.
0	$19\frac{1}{3}$	19	$19\frac{1}{6}$	367	417
2	$28\frac{1}{3}$	$27\frac{2}{3}$	28	784	512
4	$36\frac{2}{3}$	$35\frac{1}{3}$	36	1296	567
6	43	$43\frac{1}{3}$	$43\frac{1}{6}$	1863	

2 Gr. Mittel = 499

5 d.

E	q		q Mittel	D 2 Gr.
0	$23\frac{1}{3}$	$23\frac{2}{3}$	552	720
2	$35\frac{2}{3}$	$35\frac{2}{3}$	1272	768
4	$45\frac{1}{3}$	45	2040	

2 Gr. Mittl. = 744

Hieraus ergiebt sich:

d	q für 2 Gr.
1	8,37
2	13,00
3	17,52
4	22,34
5	27,28

Da in der letzteren Reihe die Maafseinheit q gröfser als in der ersteren ist, so hat man die gefundenen Zahlen

mit 1,06 zu multipliciren, und erhält dann aus beiden folgende Zusammenstellung:

d	q für 2 Gr.		q im Mittel
1	8,75	8,87	8,85
2	13,71	13,78	13,75
3	18,94	18,57	18,75
4	23,89	23,68	23,78
5	28,65	28,92	28,78

Somit bestätigt sich dann auch hier wieder die frühere Beobachtung, dafs die zu gleicher Attraction erforderlichen Ladungen der Batterie mit den Distanzen proportional wachsen. Wenn ich indefs früherhin zu diesem Resultate mit weniger Umständen gelangt bin, so mufs ich die Schärfe jener Beobachtungen theils der damals besonders günstigen, so sehr trocknen Witterung, theils dem Umstande zuschreiben, dafs bei Isolirung des Waagebalkens selbst Bruchtheile der Lane'schen Flasche gezählt werden können, was bei der jetzigen Einrichtung aus dem oben angegebenen Grunde nicht möglich war.

Gehen wir nun zur Berechnung über. Nach der, Bd. 58, S. 214, mitgetheilten Formel ist bei einer Ladung der Kugel $= A$ die gebundene Elektricität auf der Platte in der Distanz $d = B = A\alpha(0{,}70736)^{\sqrt{d}}$, worin α eine unbekannte Constante bezeichnet; diese gebundene Elektricität bindet auf der Kugel eine neue Quantität $= C = B\beta(0{,}70736)^{\sqrt{d}}$, wenn wir mit β eine neue Constante einführen, die möglicherweise von α verschieden seyn kann. In aller Strenge wird zwar B von $A+C$ gebunden, und da die Formel nur B in seiner Abhängigkeit von A angiebt, so wäre für C, das von B abhängt, eine Correction nach derselben Einheit erforderlich; indefs ist C gegen A, mit Ausnahme bei $d = 1$ eine unbedeutend kleine Gröfse, und die Reduction würde nur einen sehr geringen Einflufs auf das Endresultat ausüben. Ueber den Ort dieser Elektricitäten wissen wir allein, dafs A in seinem freien Zustande gleichmäfsig auf der Kugel vertheilt ist, dagegen kennen wir weder die

Vertheilung von B noch von C auf der Platte und der Kugel; wenn wir indeſs voraussetzen dürfen, daſs sie, gegenseitig angezogen, so weit als nur möglich gegen einander vorrücken werden, so können wir B auf die Mitte der Platte und C auf dem obersten Punkt der Kugel ansetzen. Nehmen wir dann den Radius der Kugel $=r$ $=3\frac{1}{8}d$, so bekommen wir die Attractionskraft aus:

$$\frac{A^2\alpha(0{,}70736)^{\sqrt{d}}}{(r+d)^2}+\frac{A^2\alpha^2\beta(0{,}70736)^{3\sqrt{d}}}{d^2},$$

welche Gröſse für 2 Gr. berechnet immer constant ist. Da aber $A=mq$ oder mit q proportional bleibt, so ist auch:

$$\frac{q^2(0{,}70736)^{\sqrt{d}}}{(r+d)^2}+\frac{q^2\alpha\beta(0{,}70736)^{3\sqrt{d}}}{d^2}=Const.$$

Zur Bequemlichkeit der Rechnung setze man die vorher gefundenen Mittelwerthe von q, die mit einander ausgeglichen $8\frac{3}{4}$, $13\frac{3}{4}$, $18\frac{3}{4}$, $23\frac{3}{4}$, $28\frac{3}{4}$ geben, durch Multiplication mit $\frac{4}{5}$ auf 7, 11, 15, 19, 23, und füge für $9d$ noch 39 und zur Vergleichung auch 40 hinzu, da sich die früheren Versuche bis auf $8d$ erstreckt haben, ohne eine Abweichung von dem Gesetze zu zeigen. Die Berechnung liefert hiernach folgende Tabelle:

d	q	*Const.*	*Const.* bei $\alpha\beta=0{,}18$.
1	7	$1{,}996+17{,}343\,\alpha\beta$	5,118
2	11	$2{,}778+6{,}963\,\alpha\beta$	4,031
3	15	$3{,}248+4{,}137\,\alpha\beta$	3,993
4	19	$3{,}517+2{,}826\,\alpha\beta$	4,026
5	23	$3{,}657+2{,}074\,\alpha\beta$	4,030
..	..	. . . .	. . .
9	39	$3{,}637+0{,}833\,\alpha\beta$	3,787
9	40	$3{,}826+0{,}876\,\alpha\beta$	3,984

Sehen wir hiernach auf die Aenderungen in den obigen Zahlen, welche eine Aenderung in unseren Annahmen hervorbringen würde, so würden zunächst, wenn wir die Elektricität B auf der Platte weiter ausgedehnt und nicht im Mittelpunkte derselben allein concentrirt ansähen, die Werthe 1,996, 2,778 u. s. w. etwas fallen, und zwar bei $d=1$ am stärksten, da die wirkenden

Kräfte zum Theil schräg gegen die Platte gerichtet wären; diefs brächte uns 3,639 bei $d=9$, im Vergleich zu den übrigen Zahlen, etwas höher hinauf, wie es für das Endresultat auch wünschenswerth wäre. Eine ähnliche Erhebung dieser Reihe nach ihrem Ende zu brächte eine Berücksichtigung des an der Kugel befindlichen Drahtes hervor, da sein zwar geringer Einflufs, relativ genommen, doch gröfser ist, wenn sich die Platte weiter von der Kugel befindet. Berücksichtigen wir ferner, dafs die Elektricität C nicht gerade auf dem obersten Punkte der Kugel vereinigt ist, sondern sicher ihren Mittelpunkt der Anziehung etwas tiefer hat, so ändert sich das Endresultat vornehmlich bei $d=1$, viel weniger schon bei $d=2$, und weiter abwärts immer in unbedeutenderem Grade. Wäre nämlich bei $d=1$ der Mittelpunkt von C nur $\frac{1}{2}$ Linie unter dem obersten Punkte der Kugel, so stellte sich die Attractionskraft auf $1{,}996+12{,}762\,\alpha\beta=4{,}293$, läge er 1 Linie tiefer, so bekäme man schon $1{,}996 +9{,}755\,\alpha\beta=3{,}752$. Man sieht also hieraus, dafs die oben gefundene Abweichung bei $d=1$ keine Schwierigkeit darbietet. — Diefs wären die Aenderungen in den Endresultaten, die aus der Veränderung der Annahmen entstehen; sie schreiten, wie man leicht sieht, durch die ganze Reihe gleichmäfsig fort, und können deshalb die oben durch den angenommenen Werth für $\alpha\beta=0{,}18$ hergestellte Gleichheit nicht wieder verrücken. So glaube ich denn in der vorstehenden Berechnung den Beweis geliefert zu haben, dafs wenn bei späteren Untersuchungen sich das Gesetz bewährt, dafs gegenseitig gebundene Elektricitäten sich umgekehrt im Quadrate ihrer Entfernungen anziehen, die Quantität der gebundenen Elektricität ihrem Zahlenwerthe nach mit der von mir bisher aufgestellten Formel nahe übereinstimmen müsse, wenn auch diese Formel, auf theoretischem Wege gefunden, eine ganz andere Form, als die von mir empirisch abgeleitete, annehmen sollte.

Meiningen, im Mai 1845.

IV. *Ueber die Veränderungen, welche die strahlende Wärme durch diffuse Reflexion erleidet; von H. Knoblauch in Berlin.*

(Aus den Monatsberichten der Academie. Mai 1845.)

Die Diffusion der von rauhen, nicht spiegelnden Flächen reflectirten Wärme ist bekanntlich von Hrn. Melloni nachgewiesen worden. Derselbe hat dabei beobachtet:

dafs Kienrufs eine fast unmerkbare Diffusion zeigt;

dafs rauhe Metallflächen die Wärme jeder Quelle mit gleicher Intensität reflectiren;

dafs aber andere Körper die Wärme, nach der Natur ihrer Quelle, mit verschiedener Intensität zurücksenden; Resultate, welche durch die, von demselben berühmten Physiker nachgewiesene, ungleiche Absorption gewisser Körper für verschiedenartige Wärmestrahlen bestätigt werden.

Ueber die Natur der diffus reflectirten Wärme selbst sind noch keine Versuche angestellt worden. — Indefs liefsen die vielen Analogien, welche Hr. Melloni, namentlich in Betreff der Durchstrahlung, zwischen den Licht- und Wärmeerscheinungen aufgefunden hat, erwarten, dafs die diffus reflectirte Wärme ähnliche Verschiedenheiten zeigen würde, wie sie beim diffus reflectirten Lichte beobachtet werden.

Das geeignetste Mittel, diefs zu untersuchen, bot die Durchstrahlung durch diathermane Körper dar. Es fragte sich also: ob die Wärme gewisse diathermane Substanzen in ungleichem Verhältnifs durchstrahlen würde, je nachdem sie unreflectirt oder von verschiedenen Flächen diffus reflectirt ist.

Diese Frage ist auf folgende Weise entschieden worden:

Wirkte die Wärme einer Argand'schen Lampe dergestalt auf eine Thermosäule ein, dafs die astatische Doppelnadel eines mit ihr verbundenen Multiplicators, z. B. auf 20°, abgelenkt wurde, so ging diese auf 12° zurück, wenn man eine Kalkspathplatte von 3,7 Millimeter Dicke zwischen die Wärmequelle und Thermosäule einschaltete. Jene 12° entsprachen der durch den Kalkspath hindurchgehenden Wärme. Liefs man aber die Wärme der Argand'schen Lampe von einer Carminfläche reflectiren, so dafs die auf das Thermoskop wirkende reflectirte Wärme die Multiplicatornadel wieder auf 20° ablenkte, und schaltete alsdann dieselbe Kalkspathplatte zwischen die reflectirende Fläche und die Thermosäule ein, so ging die Nadel nur auf 17° zurück. Die von Carmin reflectirte Wärme ging mithin verhältnifsmäfsig besser als die unreflectirte durch Kalkspath hindurch.

Wurde die Wärme der Argand'schen Lampe von schwarzem Papier reflectirt, und zwar so, dafs sie die Multiplicatornadel wieder auf 20° ablenkte, und wurde dieselbe Kalkspathplatte, wie im vorigen Falle, zwischen die reflectirende Fläche und die Thermosäule eingeschaltet, so wich die Nadel auf 10°,5 zurück. Die von schwarzem Papier reflectirte Wärme ging also schlechter als die unreflectirte durch Kalkspath hindurch.

Liefs man ferner die Wärme derselben Quelle von Gold reflectiren, brachte abermals die directe Ablenkung von 20° hervor, und schaltete wiederum die Kalkspathplatte ein, so ging die Nadel, wie bei der unreflectirten Wärme, auf 12° zurück. Die von Gold diffus reflectirte und die unreflectirte Wärme durchstrahlen folglich die Kalkspathplatte in völlig gleichem Verhältnifs [1]).

Somit ergab sich, dafs der Durchgang der Wärme durch Kalkspath durch die Reflexion von Carmin relativ verbessert, durch die von schwarzem Papier vermin-

1) Die Zuverlässigkeit der angegebenen Zahlen kann auf halbe Grade verbürgt werden.

dert, durch die von Gold nicht geändert wurde. Die Wärme erlitt also durch die Reflexion von Carmin und schwarzem Papier Veränderungen, welche bei ihrem Durchgange durch diathermane Substanzen hervortraten.

In bezeichneter Weise hat der Verfasser die Wärme von mehr als 70 verschiedenen Körpern reflectiren lassen, und ihren Durchgang nach der Reflexion — immer im Vergleich mit dem der unreflectirten — durch Kalkspath, Gyps, Alaun, rothes, blaues Glas und Steinsalz untersucht.

Die eigene Erwärmung der reflectirenden Flächen suchte er dadurch zu verhindern, dafs er sie als Seitenflächen eines mit Wasser von der Temperatur der Umgebung gefüllten Metallwürfels anwandte. — Wie weit er seinen Zweck durch dieses Mittel erreichte, geht unter Anderem daraus hervor, dafs die berufste Fläche, welche unter allen die Wärme am besten absorbirte und ausstrahlte, eine kaum merkbare Ablenkung am Thermomultiplicator hervorbrachte; wenn sie der Wärmequelle ausgesetzt wurde.

Die beim Durchgange der Wärme durch diathermane Körper beobachteten Verschiedenheiten rührten nicht von einem Zusammenwirken der reflectirten und der eigenen ausgestrahlten Wärme her; denn es zeigten sich durchaus keine Unterschiede, wenn dieselbe Substanz von verschiedener Rauhheit angewandt wurde, obgleich die Wärme alsdann in ungleichem Verhältnifs absorbirt und — im Fall eigener Erwärmung — in ungleichem Verhältnifs ausgestrahlt wurde.

Die von den reflectirenden Flächen ausgestrahlte Wärme hätte überdiefs, durch ihren Hinzutritt zu der reflectirten, die oftmals beobachtete relative Verbesserung des Durchganges nicht herbeiführen können, da sie durch alle angewandten diathermanen Substanzen schlechter als die von den leuchtenden Quellen ausgesandte Wärme hindurchgeht. — Ueberhaupt haben die verschie-

densten Prüfungen gezeigt, dafs die eigene Ausstrahlung der reflectirenden Körper, selbst wenn sie stattgefunden hat, so vollkommen gegen die diffuse Wärmereflexion verschwunden ist, dafs sie auf die Resultate der Untersuchung keinen Einflufs gehabt hat.

Von dem Grade der Rauhheit und der Neigung der reflectirenden Flächen gegen die Wärmequelle und Thermosäule war der Durchgang der Wärme durch die diathermanen Körper natürlich unabhängig, da man es nur mit diffuser Wärme zu thun hatte.

Die auf die oben angegebene Weise angestellten Versuche haben gezeigt, dafs die von den verschiedenen Körpern reflectirte Wärme

1) entweder in gleichem Verhältnifs, wie die unreflectirte, durch alle eingeschalteten Medien hindurchgeht;
2) oder ihr Durchgang für alle mehr oder minder (verhältnifsmäfsig) verbessert;
3) oder für alle mehr oder weniger verschlechtert;
4) oder endlich für einige verbessert, für andere verschlechtert wird.

So ist die von Metallen (selbst von Schwarzblech) reflectirte Wärme durch die genannten diathermanen Medien nicht von der unreflectirten zu unterscheiden.

Die vom Carmin und weifsem Sammt reflectirte Wärme geht bedeutend besser als die unreflectirte durch alle hindurch.

Die von schwarzem Papier reflectirte durch alle schlechter als die unreflectirte.

Die von schwarzem Sammt reflectirte Wärme geht durch Kalkspath, Alaun und Gyps besser, durch Steinsalz eben so gut, durch rothes und blaues Glas schlechter als die unreflectirte.

Es ist also eine zweifellose Thatsache: dafs die Wärme durch diffuse Reflexion (hinsichtlich ihres Durchganges durch diathermane Substanzen) in sehr verschie-

dener Weise von einigen Körpern in hohem Grade, von anderen gar nicht verändert wird.

Es fragte sich, wie sich diese aus der Durchstrahlung beurtheilten Modificationen reflectirter Wärme bei verschiedenen Wärmequellen verhalten würden.

Wie schon erwähnt, wich die durch Reflexion der Wärme der Argand'schen Lampe auf 20° abgelenkte Galvanometernadel beim Einschalten des Kalkspaths auf 17° zurück, wenn Carmin; auf 10°,5, wenn schwarzes Papier die Wärme reflectirt hatte.

Wurde die Wärme des glühenden Platins von Carmin so reflectirt, dafs sie die Magnetnadel ebenfalls auf 20° ablenkte, so ging diese beim Einschalten der Kalkspathplatte auf 15° zurück, und wich auf 10°, wenn die directe Ablenkung von 20° durch Reflexion von schwarzem Papier hervorgebracht worden war.

Die Verschiedenheiten, welche die Wärme des glühenden Platins nach der Reflexion von Carmin und schwarzem Papier zu erkennen gab, waren also geringer als die, welche die Wärme der Argand'schen Lampe nach der Reflexion von denselben Körpern gezeigt hatte.

Brachte man die Ablenkung von 20° durch Reflexion der Wärme einer Alkoholflamme von Carmin hervor, und schaltete wie vorher die Kalkspathplatte ein, so ging die Nadel auf 11° zurück. Sie wich auf 8°, als man die Wärme derselben Quelle von schwarzem Papier reflectiren liefs.

Die Unterschiede, welche die von Carmin und die von schwarzem Papier reflectirte Wärme der Alkoholflamme zeigten, waren also geringer als die Verschiedenheiten der von denselben Flächen reflectirten Wärme des glühenden Platins.

Liefs man endlich die Wärme eines dunkeln erhitzten Eisencylinders dergestalt reflectiren, dafs sie die Galvanometernadel auf 20° ablenkte, so ging diese, beim Einschalten des Kalkspaths, auf 5°,5 zurück, die Wärme

mochte von Carmin oder von schwarzem Papier reflectirt worden seyn.

Für diese Wärmequelle waren also keine Verschiedenheiten nach der Reflexion wahrzunehmen.

Aehnliche Unterschiede in der diffus reflectirten Wärme der genannten Quellen stellten sich bei *allen* anderen reflectirenden Flächen heraus, und nicht nur bei der Durchstrahlung durch Kalkspath, sondern auch beim Durchgange durch *alle* übrigen diathermanen Substanzen.

So war z. B. die von 70 verschiedenen Körpern reflectirte Wärme des erhitzten Eisencylinders durch keine der angewandten diathermanen Substanzen von der unreflectirten zu unterscheiden.

Somit ist es erwiesen, dafs die Modificationen der Wärme bei der Reflexion

1) für die von der Argand'schen Lampe ausgehende Wärme sehr bedeutend sind;
2) dafs sie sich für die Wärme des glühenden Platins vermindern;
3) dafs sie für die Strahlen einer Alkoholflamme noch geringer werden;
4) dafs sie für die von einem dunklen, erhitzten Eisencylinder ausgesandte Wärme — welche Temperatur er auch zwischen 20° und etwa 160° haben mag — absolut verschwinden.

Die Veränderungen der Wärme bei der Reflexion sind also wesentlich von der Natur der Wärmequelle abhängig.

Es war eine wichtige Frage, wie sie zu erklären seyen. Zwei Fälle waren möglich:

Entweder bestand jene Modification in einer Umwandlung der Wärmestrahlen, welche sie für die eine oder andere diathermane Substanz mehr oder minder durchgangsfähig machte; oder sie war Folge einer auswählenden Absorption der reflectirenden Flächen für gewisse, ihnen zugesandte Wärmestrahlen, wie es nach den

interessanten Versuchen von Hrn. Baden Powell und Hrn. Melloni in der That am wahrscheinlichsten war.

Im ersten Falle konnten die Verschiedenheiten der reflectirten Wärme erst beim Durchgange durch die diathermanen Medien hervortreten; im zweiten mufsten sie sich schon vor ihrem Eintritt in dieselben, und zwar aus der Intensität erkennen lassen, mit der verschiedene Wärmestrahlen von verschiedenen Flächen reflectirt wurden, weil die Intensität der reflectirten Wärme der reciproke Ausdruck der Wärmeabsorption ist.

Es gab ein Mittel diefs zu untersuchen: Das Experiment hatte gelehrt, dafs Carmin den Durchgang der Wärme durch Kalkspath verbessert. Rührte diefs daher, dafs es die durch Kalkspath schlecht hindurchgehenden Strahlen absorbirte, so mufste es desto schlechter die Wärme einer Quelle reflectiren, je mehr sie ihm solche, durch Kalkspath schlecht hindurchgehende Strahlen zusandte. Es ist aber bekannt, dafs die Wärme des dunkeln Cylinders bedeutend schlechter, als die einer Argand'schen Lampe durch Kalkspath hindurchgeht. Daher mufste Carmin — im Falle einer auswählenden Absorption — die Wärme des dunkeln Cylinders schlechter als die der Argand'schen Lampe reflectiren.

Schwarzes Papier aber, welches den Durchgang der Wärme durch Kalkspath verminderte, mufste sich entgegengesetzt verhalten. Es mufste die Wärme der Argand'schen Lampe schlechter, als die des Cylinders reflectiren.

Die Erfahrung hat diefs auf's Entschiedenste bestätigt:

Wurde die Wärme der Argand'schen Lampe von Carmin reflectirt, so erhielt man bei einer gewissen Stellung der Fläche eine Ablenkung der Galvanometernadel auf 20°; die Reflexion von schwarzem Papier brachte aber, bei gleicher Gröfse der reflectirenden Fläche und gleicher Neigung gegen die Thermosäule und Wärmequelle, nur eine Ablenkung von 18° hervor.

Dagegen lenkte die Wärme des dunkeln Cylinders, von Carmin reflectirt, die Nadel nur auf 18°, von schwarzem Papier reflectirt, auf 31° ab. Das Verhältnifs kehrte sich also in der That um.

Der schon an diesem einen Beispiel hervortetende Zusammenhang zwischen den aus der Durchstrahlung beurtheilten Veränderungen und der verschiedenen Intensität verschiedener reflectirter Wärme, hat sich bei der Untersuchung von mehr als 70 reflectirenden Flächen bei vier verschiedenen Wärmequellen und sechs diathermanen Substanzen bewährt.

Denn es hat sich gezeigt:

1) dafs diejenigen Flächen, welche die Wärme in der Weise reflectirten, dafs sie von der unreflectirten (mittelst Durchstrahlung) nicht zu unterscheiden war, die Wärme aller Quellen mit gleicher Intensität zurücksandten.
2) dafs diejenigen, welche den Durchgang durch alle zu ihrer Prüfung angewandten diathermanen Medien verbesserten, am besten die Wärme der Argand'schen Lampe; sodann die des glühenden Platins; weniger gut die der Alkoholflamme, und am schlechtesten die des dunkeln Cylinders reflectirten;
3) dafs sich diefs Verhältnifs der Intensität reflectirter Wärme genau für diejenigen Flächen umkehrte, welche den Durchgang der Wärme durch alle diathermanen Substanzen verminderten;
4) dafs diejenigen Flächen, welche den Durchgang für einige diathermane Medien verbesserten, für andere verminderten, bald die Wärme der einen, bald die der andern Quelle besser reflectirten, ohne sich einer der beiden bezeichneten Reihenfolgen mit Bestimmtheit anzuschliefsen.

Alle diese Erscheinungen sind aber, mit Berücksichtigung des angeführten Beispiels, völlig erklärlich, wenn man bedenkt, dafs durch alle angewandten diathermanen

Substanzen die Wärme der Argand'schen Lampe am besten, die des glühenden Platins weniger gut, die der Alkoholflamme in noch geringerem Grade, und die des dunkeln Cylinders am schlechtesten hindurchgeht.

Sonach hat die Erfahrung dafür entschieden: dafs alle Veränderungen der Wärme bei der diffusen Reflexion nur Folge einer auswählenden Absorption der reflectirenden Flächen für gewisse, ihnen zugesandte Wärmestrahlen sind:

Da bei allen Erscheinungen der strahlenden Wärme auf ihr Verhältnifs zum Licht hingewiesen worden ist, so wurde die Reflexion der Wärme auch in ihrem Vergleich mit der Lichtreflexion untersucht. Die Wiederholung des Melloni'schen Fundamentalversuchs mit grünem Glase und Wasser, welcher das intensivste Licht ohne eine Spur von Wärme darstellt, und andere Erscheinungen machen es unzweifelhaft, dafs Licht und Wärme als nicht identisch zu betrachten seyen.

Es fragte sich, ob dennoch ein gewisser Parallelismus zwischen der Licht- und Wärmereflexion bemerkbar seyn würde. — Hrn. Melloni's Absorptionsversuche liefsen diefs nicht erwarten.

Die directe Untersuchung der Wärmereflexion hat gelehrt:

1) Dafs sich weifse Körper für das Licht, wie dunkle gegen die Wärme verhalten können. So reflectirt z. B. weifser Sammt, welcher jede Art von Lichtstrahlen besser als schwarzer Sammt reflectirt, die Wärme aller Quellen schlechter als schwarzer Sammt.

2) Schwarze Körper für das Licht, wie weifse gegen die Wärme; überhaupt dunkle Körper für das Licht oftmals wie helle gegen die Wärme. Denn die von Schwarzblech reflectirte Wärme ist mittelst Durchstrahlung von der unreflectirten nicht zu unterscheiden. Aufserdem reflectirt es die Wärme aller

Quellen mit gleicher Intensität. — Schwarzer Sammt reflectirt unter jeder Bestrahlung besser als weifser Sammt.

3) Gleichfarbige Körper für das Licht, wie ungleichfarbige gegen die Wärme. Verschiedene weifse Körper, wie: Bleiweifs und Zinnoxyd, oder verschiedene schwarze Körper, wie gerbsaures Eisenoxyd und schwarzes Papier, sind durch die verschiedenen Verhältnisse, in denen die von ihnen reflectirte Wärme dieselben diathermanen Medien durchstrahlt, auf's Bestimmteste von einander zu unterscheiden.

4) Ungleichfarbige Körper für das Licht, wie gleichfarbige gegen die Wärme. Weifses Papier und schwarzer Lack, weifse und schwarze Seide, helles und schwarzes Tuch sind durch die Modificationen der von ihnen reflectirten Wärme nicht von einander zu unterscheiden, d. h. die von ihnen zuückgesandten Strahlen gehen in völlig gleicher Weise durch alle bisher angewandten diathermanen Medien hindurch.

Unter allen bis jetzt untersuchten Körpern waren nur: die Metalle wie *»weifse Körper gegen die Wärme«* zu betrachten, d. h. sie reflectirten die Wärme jeder Quelle mit gleicher Intensität, und die von ihnen reflectirte Wärme war mittelst Durchstrahlung von der unreflectirten nicht zu unterscheiden. *Nur Rufs und animalische Kohle verhielten sich wie »schwarz gegen die Wärme«*, d. h. sie reflectirten keine Art von Wärmestrahlen.

Es war also durchaus kein Parallelismus zwischen der Wärme- und Lichtreflexion zu erkennen.

Wie man aus dem Mitgetheilten ersieht, unterscheiden sich die besprochenen Versuche von früheren namentlich dadurch, dafs sie zuerst die Natur der diffus reflectirten Wärme selbst direct untersucht und an ihr

die Veränderungen nachgewiesen haben, welche die Wärme durch diffuse Reflexion erleidet; und zwar durch ein Verfahren, welches den Zusammenhang von qualitativer und intensiver Reflexion unmittelbar zu erkennen gab, und durch Ermittlung gleichartiger Wärmestrahlen ein Mittel darbot: die Körper nach der Qualität der von ihnen diffus reflectirten Wärme zu gruppiren.

Die folgende Uebersicht der zur Untersuchung der Wärmereflexion angewandten Substanzen zeigt, wie verschieden sie in Bezug auf Stoff, Farbe und sonstige Eigenthümlichkeiten gewählt waren:

1. Metalle und Metalllegirungen.	2. Hölzer.	3. Kohlen.
Gold,	Birkenholz,	Animalische Kohle,
Silber,	Kork,	Rufs,
Platin,	Mahagoni.	vegetabil. Kohle,
Quecksilber,	——	Braunkohle,
Eisen,	Birkenholz von verschiedener Rauhheit der Oberfläche.	Steinkohle,
Zinn,		Coaks,
Zink,		Graphit.
Kupfer,		
Blei.		
——		
Legirung von Blei und Zinn,		
Messing,		
Neusilber.		
——		
Zinn von verschiedener Rauhheit d. Oberfläche.		

4. Pigmente.	5. Dieselben Stoffe mit verschiedenen Pigmenten.	6.
Bleiweifs,	Weifses Papier,	Weifser Sammt,
Carmin,	blaues -	blauer -
Krapprosa,	gelbes -	grüner -
Rother Zinnober,	schwarzes -	hellrother -
Grüner Zinnober,		dunkelrother -
Pariser Grün,	rothe wollene Sammttapete,	schwarzer -
Chromgelb,		
Diesbacher Blau,	grüne -	weifser Tafft,
Ultramarin.	blaue -	grüner -
		rother -
		schwarzer -

Verschiedene Körper von gleicher Farbe:		
7.	8.	9.
Weiſse Körper.	Schwarze Körper.	Weiſse und schwarze Körper.
Gyps,	Kupferoxyd,	Weiſser } Atlas,
Kreide,	gerbsaures Eisen-oxyd,	schwarzer } Atlas,
Bleiweiſs,	Asphalt-Lack,	weiſser } Tafft,
Zinnoxyd,	Tusch,	schwarzer } Tafft,
Oelfarbe,	Kohlen,	weiſser } Sammt,
Atlas,	Atlas,	schwarzer } Sammt,
Tafft,	Tafft,	helles } Tuch,
Sammt,	Sammt,	schwarzes } Tuch,
Wolle,	Tuch,	weiſses } Papier,
Baumwolle,	Papier,	schwarzes } Papier,
Leinen,	Maroquin,	weiſses Papier,
Papier,	Glas,	schwarzer Lack,
Porcellan,	Schwarzblech.	Silber,
Perlmutter,		Schwarzblech.
Elfenbein,		
Silber.		

Andere Gruppen.

10.	11.	12.
Rothe wollene Sammttapete,	Gelbes Leder,	Bleiweiſs,
grüne -	brauner Maroquin,	Carmin,
blaue -	schwarzer -	Zinnober,
rothe Wolle,	——	Kupferoxyd,
schwarzes Tuch,	Holz,	hellrother Tafft,
brauner Manchester	Marmor.	weiſser Sammt,
weiſser Kattun,	——	schwarzer -
grauer -	Metallspiegel,	weiſse Wolle,
grün Wachsleinen,	belegter Spiegel,	schwarzes Papier,
schwarzer Sammt.	schwarzes Glas.	grün Wachsleinen,
		Holz,
		Metall.

V. *Ueber das Verhalten der optischen Medien des Auges gegen Licht- und Wärmestrahlen; von Ernst Brücke.*

(Aus Müller's Archiv, 1845.)

Die physiologische Optik hat sich zwar zunächst mit dem Lichte zu beschäftigen, welches wir sehen, da durch dieses unsere Gesichtserscheinungen vermittelt werden; ich glaube aber, dafs es zu nützlichen Erörterungen führen kann, wenn wir uns auch einmal mit dem Lichte beschäftigen, welches wir nicht sehen. — Ich stellte mir die Frage, warum wir die brechbarsten Strahlen des Sonnenlichts nicht sehen, dieselben erst bei der Linie *M* in Edm. Becquerel's Spectrum [1]) schwach leuchtend werden, und erst von der Linie *I* an so deutlich, dafs man die Fraunhofer'schen Linien direct erkennen kann, während sie bis dahin nur durch ihre Bilder auf photographischen Platten bestimmt worden sind. Der Grund hiervon konnte entweder darin liegen, dafs diese Strahlen die optischen Medien des Auges nicht durchdringen können, oder darin, dafs der Sehnerv auf sie nicht mit der Empfindung des Leuchtenden reagirt.

Finden wir, dafs die fraglichen Strahlen gar nicht zur Nervenhaut gelangen, sondern von den optischen Medien absorbirt werden, so ist ihre Unsichtbarkeit vollkommen erklärt, und man braucht nicht erst anzunehmen, dafs der Sehnerv für dieselben unempfindlich sey. Der directeste Versuch, um diefs zu entscheiden, würde darin bestanden haben, dafs ich mir von Licht, welches schon durch die Augenmedien gegangen war, photographische Spectra nach Becquerel's Weise verschafft, und

1) *Des effets produits sur les corps par les rayons solaires. Ann. Ch. Ph., IX, Nov.* 1843.

untersucht hätte, ob die obere Gränze derselben mit der oberen Gränze des leuchtenden Spectrums übereinstimmte. Es fehlte mir aber hierzu an den nöthigen Vorrichtungen. Ich suchte deshalb nach einer Substanz, welche von den brechbarsten Strahlen auf eine charakteristische Weise verändert wird, von den weniger brechbaren aber nicht. Die passendste, welche ich zu diesem Zwecke finden konnte, war das Guajakharz, in Bezug auf welches man alles Licht in bläuendes und entbläuendes theilen kann, indem dasselbe von stark brechbaren Strahlen gebläut, von schwach brechbaren aber wieder entbläut wird. Die Angaben über die Gränze zwischen bläuenden und entbläuenden Strahlen sind verschieden, nach Edm. Becquerel ist es die Linie *H* im Violet, bei Moser aber finde ich angeführt [1]), dafs sich Guajakpapier noch im blauen Lichte blaugrün färbt. Es gehört also jedenfalls ein nicht unbeträchtlicher Theil der bläuenden Strahlen zu den sichtbaren, und ich konnte deshalb auch nicht hoffen, sie vermittelst der optischen Medien des Auges völlig abzuhalten, aber doch vielleicht ihre Wirkung auf eine in die Augen fallende Weise zu schwächen.

Ich habe nun durch vielfältige und häufig wiederholte Versuche gefunden, dafs die Linse die bläuenden Strahlen in sehr hohem Grade absorbirt, weniger die Cornea und der Glaskörper, am meisten aber die Linse mit diesen beiden Medien zusammen. Von meinen Versuchen will ich nur diejenigen anführen, welche mit der geringsten Mühe nachzumachen sind, und durch deren Wiederholung sich jeder am leichtesten von der Richtigkeit meiner Angaben überzeugen kann.

1) Man lege die frische Linse eines Ochsenauges mit der Kapsel auf einen 6 Millim. hohen Metallring von 9 Millim. Radius, und zwar mit ihrer convexesten Seite nach oben, so dafs man sicher ist, dafs sie die Fläche,

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 56, S. 193.

auf die der Ring gestellt wird, nicht berührt. Dann übergiefse man eine kleine Porcellanplatte mit Guajaktinktur, trockne sie im Dunkeln, stelle auf sie den Ring mit der Linse und setze sie dem diffusen Lichte aus. Während sich nun die Platte, da, wo das Licht unmittelbar auf sie wirkt, lebhaft grün, und nach und nach immer weiter bis zum tiefsten Dunkelblaugrün färbt, findet man an der Stelle, wo das Licht durch die Linse eingefallen ist, nur ein lichtes Gelbgrün, welches nicht weiter fortschreitet, man mag den Versuch dauern lassen, so lange man will. Man setze hierauf den Metallring mit der Linse auf eine andere Stelle der Platte, welche bereits vollkommen gefärbt ist, man wird finden, dafs hier dann die Färbung die regressive Metamorphose durchmacht, und zwar stets so lange, bis sie bei demselben lichten Gelbgrün angelangt ist, welches man in dem ersten Versuche beobachtete; nur ist hierzu, je nach der Intensität des einwirkenden Lichtes, kürzere oder längere Zeit erforderlich, oft ein ganzer Tag und mehr.

2) Man stelle denselben Versuch an, wie vorher, bedecke aber die Linse noch mit der Cornea, welche man durch einen Zirkelschnitt mit einem Theil der Sklerotika vom Auge abgetrennt hat; man wird finden, dafs die eintretende Färbung noch geringer, ja oft kaum wahrnehmbar ist. Bringt man nun dieselbe Combination auf eine schon gefärbte Stelle der Platte, so geht der Bleichungsprocefs ungestört vor sich, zum Zeichen, dafs das Licht, welches durch die beiden Medien hindurchgeht, noch stark genug ist, um seine ihm eigenthümlichen Wirkungen geltend zu machen.

3) Man bediene sich der Cornea allein, welche man über einen Holz- oder Korkring befestigt hat, und man wird ähnliche Erscheinungen, wie bei der Linse, wahrnehmen, aber in einem unvergleichlich geringeren Grade.

4) Man nehme eine kleine Abrauchschaale, überziehe sie inwendig, wie vorhin die Porcellanplatte, mit

einer dünnen Schicht von Guajakharz und lege einen möglichst unverletzten Glaskörper vom Rinde hinein, dann färbt sich die ganze Schaale am Lichte noch ziemlich lebhaft; in der Mitte, wo die Häute des Glaskörpers, aus denen nach und nach die Flüssigkeit aussickert, zusammenliegen, und wo überhaupt die vom Licht zu durchdringende Schicht am dicksten ist, bleibt sie heller, aber wird selbst hier noch bläulich grün.

5) Man lege in dieselbe Abrauchschaale, nachdem man sie frisch überzogen hat, einen Glaskörper mit der Linse, dann färbt sie sich wie vorher, nur gerade unterhalb der Linse bleibt ein heller Fleck.

6) Man lasse sich nun die Schaale am diffusen Lichte grün färben, lege kreuzweis in dieselbe zwei schmale Stanniolstreifen, darauf den Glaskörper mit der Linse, und lasse diefs ein bis zwei Tage am Lichte stehen. Leert man dann die Schaale aus, so findet man unter den Stanniolstreifen ein einförmig grüngefärbtes Kreuz, welches sich im oberen Theil, wo das Licht unmittelbaren Zutritt hatte, hell gegen den nunmehr tief blaugrün gefärbten Grund absetzt, weiter nach der Tiefe zu wird die Schaale heller, und da endlich, wo das Licht durch die Linse eingefallen ist, findet man einen ganz lichten Fleck, gegen den sich die Schenkel des grünen Kreuzes scharf abgränzen, so dafs er gegen sie fast weifs erscheint.

Aufser den optischen Medien des Rindauges habe ich auch noch die vom Kaninchenauge und die Linse vom Hecht angewendet, welche letztere den Vorzug hat, dafs sie, vorsichtig getrocknet, eine grofse Durchsichtigkeit behält, so dafs man mit ihr noch in diesem Zustande, so wie auch mit getrockneten Ochsenlinsen, welche nur meistens sehr an Durchsichtigkeit verlieren, experimentiren kann. So habe ich einmal auf einer schon grün gefärbten Platte, vermittelst einer solchen Linse, die gerade sehr gut ihre Form behalten hatte, sich ein Stück der Sonnenbahn hell abbilden lassen. Im Allgemeinen

thut man aber, obgleich der Bleichungsprocefs durch Linsen im directen Sonnenlichte sehr rasch geht, doch nicht gut in demselben zu experimentiren, denn das Guajakharz färbt sich in ihm zwar sehr schnell, aber nur schmutziggrün, und verliert bei längerer Einwirkung des Sonnenlichts immer mehr an der Lebhaftigkeit seiner Farbe, so dafs es zuletzt ganz hellbraun wird. Vermittelst einer Schicht von Wasser, durch welche man das Licht vorher hindurchgehen läfst, kann man diesen Uebelstand verringern, aber doch nicht ganz aufheben. Diffuses Licht, selbst das eines ganz bedeckten Himmels, giebt immer zuverlässigere und constantere Resultate. Am besten stellt man die Versuche im Freien an, doch gelingen sie auch an verschlossenen Fenstern vollkommen gut und erfordern nur mehr Zeit.

Die Resultate der obigen Versuche bewogen mich, auch das Verhalten der verschiedenen optischen Medien des Auges gegen die strahlende Wärme zu untersuchen. Ehe ich aber zur Beschreibung dieser Versuche übergehe, mufs ich die in neuerer Zeit über Identität oder Nichtidentität der Licht- und Wärmestrahlen gemachten Erörterungen dem Leser mit wenig Worten auf's Neue vor die Augen führen. Ich beginne mit der Identitätstheorie von Ampère, welche zuerst in dem 48. Bande der *Bibliothèque universelle* publicirt wurde, und später mit einigen Zusätzen in das Aprilheft der *Ann. de Chim. et de Phys.* des Jahres 1835 überging [1]). Sie besteht im Wesentlichen in Folgendem: Licht- und Wärmestrahlen sind identisch, diejenigen Wärmestrahlen, welche in unserem Auge die Empfindung des Leuchtenden hervorbringen, unterscheiden sich von den dunkeln Wärmestrahlen nur durch ihre geringere Wellenlänge. Die Strahlen von gröfserer Wellenlänge sind deshalb dunkel, weil sie vom Wasser absorbirt werden, und somit auch nicht das in unserem Auge enthaltene Wasser durchdringen und zur Nervenhaut gelangen können.

1) Annalen, Bd. XXVI, S. 161.

Dieser Theorie setzte Macedoine Melloni [1]) folgende Versuche entgegen:

1) Schliefst man Wasser zwischen grünen, mit Kupferoxyd gefärbten Gläsern ein, so geht Licht, aber keine Spur von Wärme hindurch. Folglich sind Licht- und Wärmestrahlen nicht identisch.

2) Löscht man einzelne Zonen des durch ein Steinsalzprisma entworfenen Sonnenspectrums vermittelst farbiger Gläser aus, so entsprechen den dunkeln Streifen keine Temperaturminima, sondern das Temperaturmaximum hat bei verschieden gefärbten Gläsern fast immer dieselbe Lage, und die Wärme nimmt nach beiden Seiten desselben mit der gröfsten Regelmäfsigkeit ab. Folglich sind Licht- und Wärmestrahlen nicht identisch.

3) Läfst man alle Theile des Sonnenspectrums durch eine 2 bis 3 Millim. dicke Wasserschicht gehen und mifst die Temperatur der ausfahrenden Strahlen, so rückt das Temperaturmaximum näher an die rothe Gränze; auch ist der ganze Bereich der dunkeln Strahlen verschmälert, verdickt man nach und nach die Wasserschicht bis endlich auf 300 Millim., so rückt das Temperaturmaximum durch Roth, Orange und Gelb bis zum Anfange des Grün fort, die äufserste Wärmegränze nähert sich zwar fortwährend dem äufsersten Roth, bleibt aber doch noch um ein *Merkbares* von demselben entfernt, folglich geben durch eine 300 Millim. dicke Wasserschicht noch dunkle Wärmestrahlen.

Die beiden ersten dieser Versuche scheinen vollkommen geeignet, um die Nichtidentität von Licht- und Wärmestrahlen zu erweisen, der dritte aber scheint mir das nicht zu beweisen, was er beweisen soll. Bringt man einen im Dunkeln oder bei schwachem Lichte tief roth glühenden Körper an das helle Tages- oder Kerzenlicht, so erscheint er dunkel, bringt man ihn rasch wieder in's Dunkle, so sieht man, dafs er fortfährt roth

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 37, S. 486.

zu glühen. Diefs ist eine Thatsache, die Jedermann bekannt ist. Ein solcher Körper sendet also leuchtende Strahlen aus, dieselben können uns aber dunkel erscheinen im Verhältnifs zu stärker leuchtenden. Melloni hätte deshalb den Anfang der absolut dunkeln Strahlen nicht genau an die von ihm beobachtete rothe Gränze verlegen müssen, sondern wenigstens um ein *Merkbares* von ihr entfernt.

Um zu erweisen, dafs es absolut dunkle Wärmestrahlen von gröfserer Wellenlänge, als das äufserste Roth giebt, welche nicht vom Wasser absorbirt werden, hätte sich Melloni einer selbst im Dunkeln noch dunklen Wärmequelle bedienen müssen; es ist ihm aber niemals gelungen, die Wärme einer dunklen Quelle durch eine Wasserschicht von einiger Dicke strahlen zu lassen, ja selbst bei den Strahlen von glühendem Platin hatte er die letzten Spuren von Durchgang bei einer Wasserschicht von 11,598 Millim. [1]).

So standen die Sachen, bis Melloni seine Ansichten von Grund aus änderte und sich für die Identitätstheorie erklärte, welche er in folgender Weise hinstellte und mit den physiologischen Erscheinungen in Einklang zu bringen suchte [2]).

Leuchtende, wärmende und chemisch wirkende Strahlen sind identisch. Um sich zu erklären, wie es zugeht, dafs wir die Strahlen jenseit des Roth und jenseit des Violet nicht sehen, mufs man annehmen, dafs ihnen jede Art von Accord mit der Molecularelasticität der Netzhaut abgehe, und dieselbe deshalb auf sie nicht mit Lichtempfindung reagire. Nimmt man die Nothwendigkeit eines solchen Accords an, so ist es klar, dafs Wellen von einer bestimmten Länge unter übrigens gleichen Umständen am stärksten auf die Netzhaut wirken müssen, län-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 39, S. 268.

2) Ebendaselbst, Bd. 56, S. 574.

gere und kürzere schwächer, und zwar um so schwächer, je weiter sie sich von dieser bestimmten Wellenlänge entfernen. Diejenigen Strahlen, welche am stärksten auf die Netzhaut wirken, müssen von der Farbe der Netzhaut seyn. Im Sonnenspectrum erscheint uns das Gelb am meisten leuchtend, also mufs die Netzhaut gelb seyn — und die Netzhaut ist auch gelb.

Gegen diese Theorie ist einzuwenden:

1) Melloni hat die Identität von Licht- und Wärmestrahlen behauptet gegen seine eigenen oben angeführten Versuche, ohne dieselben als fehlerhaft zurückzunehmen oder mit seiner neuen Theorie in Einklang zu bringen.

2) Melloni hat sich, um die Unsichtbarkeit der Strahlen jenseit des Roth und jenseit des Violet zu erklären, bewogen gefunden, die Hypothese von der Nothwendigkeit eines bestimmten Accordes zwischen den Aetherwellen und der Molecularelasticität der Netzhaut aufzustellen. Diese Hypothese stützt sich weder auf eine begründete Induction, noch hat sie an anderen Sinnesnerven Analogien für sich. Auf die Gehörerscheinungen, an die zu denken man vielleicht geneigt wäre, darf man sich nicht berufen, da dem Gehörnerven ebensowohl nur diejenigen Schallwellen zukommen, welche der schallleitende Apparat unseres Ohres fortzupflanzen vermag, wie die Nervenhaut nur von denjenigen Aetherwellen berührt wird, welche die optischen Medien des Auges durchdringen können.

Die Hypothese ist ferner unnöthig für die Strahlen jenseit des Violet, da wir oben gesehen haben, dafs sie von den optischen Medien des Auges absorbirt werden, unnöthig für die Strahlen jenseit des Roth, da es schon nach dem bisher Gesagten mehr als zweifelhaft ist, dafs von einer im Dunkeln noch dunkeln Wärmequelle, auch nur eine Spur von Strahlung zur Nervenhaut gelange.

3) Melloni hat sich dieser Hypothese bedient, um die vom Wärmemaximum abweichende Lage des Licht-

maximums im Anfange des Gelben zu erklären; hierfür hat er dieselbe dahin erweitert, dafs das gelbe Licht das Maximum der Consonanz mit der Nervenhaut habe, *weil er sie gelblich gefärbt fand*, wobei er sie überdiefs nicht allein, sondern im Zusammenhange mit der Schicht der stabförmigen Körper betrachtete.

Bei dem allen hat der sonst so sinnreiche Naturforscher nicht daran gedacht, in wiefern wohl die Lage des Wärmemaximums im Spectrum durch den Durchgang der Strahlen durch die optischen Medien des Auges verändert werden könne.

Er selbst hatte früher in einem oben angeführten Versuche gefunden, dafs man durch Einschaltung von Wasserschichten von zunehmender Dicke dasselbe in's Roth, in's Orange, in's Gelb, ja bei sehr grofser Dicke der Wasserschicht sogar bis in den Anfang des Grün versetzen kann, was ihn billig daran hätte erinnern sollen, dafs wegen des Wassers im Auge Licht- und Wärmemaximum leicht im Gelb coïncidiren und so seine Hypothese auch für diesen Punkt unnöthig machen konnten.

In einem späteren Aufsatze [1]) hat freilich Melloni zurückgenommen, was er früher über die Ortsveränderung des Wärmemaximums im Spectrum gesagt hat, und giebt an, dasselbe verbleibe bei Einschaltung aller Arten von farblos durchsichtigen Substanzen am rothen Ende; ich kann aber nicht glauben, dafs er hierin auch die 300 Millim. dicke Wasserschicht mitbegriffen wissen will, denn man wüfste doch wahrlich nicht mehr, was man von Wärmebestimmungen im Spectrum halten sollte, wenn ein so geübter Experimentator sich bei der Angabe der Zone für das Maximum um die halbe Breite des leuchtenden Spectrums irrte, und nahezu da, wo das wahre Wärmemaximum liegt, die untere Temperaturgränze hinverlegte.

Es ist mir schmerzlich, in dieser Weise gegen einen um die Wissenschaft so hochverdienten Physiker pole-

1) Annalen, Bd. 62, S. 18.

misiren zu müssen; aber gerade die Irrthümer der berühmtesten Männer hat man am energischsten zu bekämpfen, weil sie den Augen Vieler durch den Mantel der Autorität verhüllt werden.

Durch die Güte des Hrn. H. Knoblauch, welcher sich gerade mit Untersuchungen über die strahlende Wärme beschäftigte, ward ich in Stand gesetzt, einige Versuche über die Diathermanität der optischen Medien des Auges anzustellen, welche ich hier mittheile.

Die Wärmequelle, welcher ich mich bediente, war eine Oellampe mit constantem Niveau und einem Scheinwerfer von polirtem Messing; sollte dieselbe dunkel gemacht werden, so wurde über die Flamme ein Cylinder von schwarzem Eisenblech gesteckt, welcher sich ziemlich hoch, jedoch bei weitem nicht bis zum Glühen erhitzte. Man würde mir einen Vorwurf daraus machen können, dafs ich nicht auch mit einer dunkeln Wärmequelle von möglichst hoher Temperatur gearbeitet habe, wenn mir nicht die Versuche mit der leuchtenden Quelle Resultate gegeben hätten, welche dieses für meinen speciellen Zweck vollkommen unnöthig machten. Mit directem Sonnenlichte habe ich leider noch nicht operiren können, weil der Apparat in einem Zimmer gegen Norden aufgestellt, und auch die Jahreszeit und Witterung zu ungünstig war.

Da es bei meinen Versuchen nicht auf Messung von durchgelassenen und absorbirten Wärmemengen ankam, sondern lediglich darauf, zu bestimmen, ob eine zu untersuchende Substanz überhaupt eine wahrnehmbare Wärmemenge durchlasse oder nicht, so wurden alle Versuche einfach so angestellt, dafs man zuvörderst, nachdem die Strahlen der Wärmequelle durch einen Metallschirm abgeblendet waren, die zu untersuchende Substanz zwischen Wärmequelle und Thermosäule einschaltete, und dann, nachdem die Nadel zur Ruhe gekommen war, versuchte, ob man sie durch Fortziehen des Metallschirms in Bewegung setzen könne.

Es hätte nun am nächsten gelegen, gleich sämmtliche Medien des Auges in ihrer natürlichen Lage, d. h. ein ganzes Auge, aus dem der Pupille gegenüber ein hinreichend grofses Segment der Sklerotika, Choroidea und Retina weggenommen war, einzuschalten; allein ich fand dieses nicht ausführbar, da schon durch Hinwegnahme eines Theiles der genannten Häute der Bulbus seine natürliche Spannung und Gestalt verliert. Ueberdiefs wird durch die Pupille nur einem sehr dünnen Strahlenbündel der Durchtritt verstattet, und wollte man die Iris mittelst eines Häkchens, wie es zur Iridodialysis angewendet wird, herausziehen, so würde durch Ausfliefsen des *Humor aqueus* das Auge noch mehr zerstört und alles mit Pigment verunreinigt werden. Ich schaltete deshalb, um mit einem Strahlenbündel von möglichst grofsem Querschnitt zu arbeiten, zuerst die in einem durchlochten Blechschirm eingespannte Hornhaut eines Ochsen ein, und fand, dafs durch sie zwar keine Strahlen von der dunkeln Wärmequelle hindurchgingen, aber so viele von der leuchtenden, dafs die Nadel um 8 bis 9 Grad und darüber abgelenkt wurde, wenn die durch directe Einstrahlung bewirkte Ablenkung 45 bis 50 Grad betrug. Hierauf nahm ich den Schirm mit der Cornea fort, und schaltete statt seiner einen anderen ein, in welchem ein kurzes Rohr von polirtem Messingblech steckte. In diesem Rohr war eine Fassung, in welche ich die frische Linse des Ochsen einsetzte, und nun das Ganze so an die Säule heranrückte, dafs von den Strahlen, welche einmal durch die Linse gegangen waren, keine mehr verloren gehen konnten, ohne dafs doch die Linse selbst der Säule so nahe gewesen wäre, dafs man von ihrer Erwärmung durch die absorbirten Strahlen eine Täuschung zu fürchten gehabt hätte. Von der dunklen Wärmequelle ging, wie zu erwarten war, nichts durch die Linse hindurch, von der leuchtenden dagegen wurde die Nadel regelmäfsig um $1\frac{1}{2}$ Grad abgelenkt. Nun schaltete ich vor der Linse noch wieder die Hornhaut ein, und fand, dafs jetzt beim Fort-

ziehen des Metallschirms die Nadel vollkommen unbeweglich blieb, obgleich das Licht hell auf die Säule einstrahlte. Um mir eine ungefähre Vorstellung davon zu machen, eine wie starke Absorption, im Verhältnifs zu anderen Körpern, wohl Linse und Cornea ausüben müfsten, um den Wärmestrahlen so den Weg zu versperren, vertauschte ich die Linse mit einer ihr an Querschnitt gleichen, zwischen Glimmerplatten eingeschlossenen Wasserschicht von 18 Millim. Dicke, und die Cornea mit einem Kalkspathkrystall von 3,7 Millim. Dicke. Durch dieses System hindurch erhielt ich noch 2 Grad Ablenkung, als ich aber den Kalkspath mit einer 1,4 Millim. dicken Gypstafel vertauschte, nur noch $1\frac{1}{2}$ Grad.

Ich hätte nun gerne noch den *Humor aqueus* und den Glaskörper untersucht, aber ersteren hätte ich zwischen Platten einer anderen Substanz einschalten müssen, und letzteren wufste ich nicht unverletzt und so aufzustellen, dafs die Strahlen gezwungen waren, alle seine Häute der Reihe nach, wie es im lebenden Auge der Fall ist, zu durchdringen. Ueberdiefs konnte mich die Untersuchung dieser beiden Medien, von denen es ohnehin gewifs war, dafs sie mindesten so viel Wärme absorbirten, wie Wasser, nichts Wesentlichneues lehren, da ich schon durch die blofse Linse mit der Cornea keine Strahlung mehr wahrnahm; ich habe sie deshalb auch gänzlich unterlassen, um nicht mit Versuchen zu spielen, und gehe jetzt zu den Folgerungen über, die sich aus den angestellten ergeben.

Die erste Folgerung ist: dafs für die sogenannten chemischen Strahlen jenseits des violetten Endes des leuchtenden Spectrums mit dem Räthselhaften ihrer Unsichtbarkeit nunmehr der letzte schwache Grund weggefallen ist, zwischen ihnen und den leuchtenden Strahlen irgend einen anderen Unterschied als den der Wellenlänge anzunehmen; die zweite: dafs man sich, abgesehen von jeglicher Meinung, über die Identität oder Nicht-

identität der Licht- und Wärmestrahlen jeder Hypothese, welche den Grund der Unsichtbarkeit dunkler Strahlen in der Nervenhaut sucht, füglich entschlagen kann; denn es wird nach dem Angeführten wohl schwerlich noch Jemand der Meinung seyn, dafs Strahlen von gröfserer Wellenlänge, als die der äufsersten rothen Gränze, zur Nervenhaut gelangen können. Es ist aber noch zu untersuchen, ob aus unseren Versuchen nicht irgend etwas für die Streitfrage von der Identität oder Nichtidentität selbst hervorgehen könne. Sagt man, Licht- und Wärmestrahlen sind nicht identisch, so stöfst man nirgend auf Schwierigkeiten, wie sich dieses von selbst versteht, da man hiermit von vorn herein den Wärmestrahlen die Fähigkeit, in uns die Empfindung des Leuchtenden hervorzurufen, abspricht; ja unsere Versuche scheinen sogar einen Gegenbeweis gegen die Identitätstheorie zu liefern, da ich von Neuem, wie schon früher Melloni auf einem anderen Wege, ein hinreichend intensives Licht ohne eine Spur von Wärme dargestellt habe.

Wenn man sich aber auf der andern Seite vergegenwärtigt, dafs Licht- und Wärmestrahlen, beide polarisirbar, also beide aus Transversalwellen zusammengesetzt sind, dafs beide durch den luftleeren Raum hindurchgehen, also beide, wenn man nicht, aufser dem Aether, noch ein zweites unbekanntes Medium annehmen will, in Schwingungen eines und desselben Mediums bestehen müssen, so sieht man ein, dafs für einen Unterschied beider Strahlungen kein mechanisches Begreifen mehr vorhanden ist. Vergegenwärtigt man sich hierzu, dafs die Unsichtbarkeit der Strahlen jenseits des Roth und jenseits des Violett, auch wenn dieselben sich von den leuchtenden nur durch die Wellenlänge unterscheiden, durchaus nichts Räthselhaftes hat, so mufs es als leichtfertig erscheinen, die Identitätshypothese völlig aufzugeben und in Bezug auf die strahlende Wärme in die frühere Rathlosigkeit zurückzusinken, ehe man nicht die

Beweiskraft der Gegenversuche auf das Genaueste geprüft hat.

Es existiren gegen die Identitätstheorie zwei Klassen von Versuchen:

1) die, in welchen man durch farbige Gläser einzelne Lichtzonen des Spectrums auslöschte, ohne zugleich die Wärme auszulöschen;

2) die, in welchen man Licht ohne Wärme oder mit einer ganz unverhältnifsmäfsig geringen Wärmemenge dargestellt hat.

Da ich die Hoffnung habe, die Beweiskraft der Versuche der ersten Klasse auf dem Wege des Experiments zu vernichten, aber bis jetzt noch nicht die Mittel besitze, die hierzu nöthigen Versuche anzustellen, so mufs ich mich vorläufig darauf beschränken, die der zweiten Klasse näher zu beleuchten, und wir werden sehen, dafs gerade meine eigenen, ihr angehörigen Experimente dazu dienen können, diese ganze Klasse aus den Beweisen gegen die Identitätstheorie zu eliminiren.

Man stelle sich also zuvörderst einmal auf den Standpunkt dieser Theorie, und denke sich, dafs alle Strahlen im Spectrum unter einander nur durch die Wellenlänge verschieden sind; man denke sich ferner, dafs nur die Strahlen jenseits der äufsersten Gränzen des sichtbaren Spectrums im Auge völlig absorbirt werden, von allen übrigen aber noch ein gewisses, und nur im Verhältnifs zur ursprünglichen Intensität der Strahlung aufserordentlich geringes Quantum zur Retina gelange, und dafs dasselbe, was dem Physiologen durchaus nicht unnatürlich erscheinen wird, auch wenn es für das Thermoskop nicht mehr wahrnehmbar ist, hinreiche, um den Sehnerven lebhaft zur Empfindung des Leuchtenden zu erregen, so ist es, wenn man sich die von Melloni gefundenen Absorptionsgesetze vergegenwärtigt, klar, dafs ich, indem ich Strahlen von verschiedener Brechbarkeit durch optische Medien vom Auge hindurchleitete, dieselben *in der*

Weise schwächen konnte, dafs sie auf das Thermoskop nicht mehr wirkten, dafs dieselben aber doch noch vollkommen geeignet waren, nunmehr auch noch die optischen Medien meines Auges zu durchdringen, und meine Nervenhaut zur Empfindung des Leuchtenden zu erregen. Was sich nun aber durch eine Linse und eine Cornea erreichen läfst, mufs sich durch jeden andern Körper oder durch jede andere Combination von Körpern erreichen lassen, welche mit den optischen Medien des Auges die Eigenschaft gemein hat, alle Arten von Strahlen in hohem Grade zu absorbiren, aber doch von den uns leuchtenden noch ein gewisses Quantum durchzulassen. Hiermit fallen die Versuche mit grünem Glase und Wasser, mit Alaun und anderen athermanen oder fast athermanen Körpern, in sofern sie Beweise gegen die Identitätshypothese seyn sollen, in nichts zusammen, und man begreift sehr leicht, wie eine Steinsalzplatte und eine Alaunplatte von ganz gleicher Durchsichtigkeit ganz verschieden diatherman seyn können. Halten wir nach dieser Hypothese die Eintheilung der Körper in gleichmäfsig diathermane (Steinsalz), thermochroische und athermane fest, so würde man in die Reihe der athermanen niemals einen durchsichtigen setzen dürfen, und die durchsichtigen, scheinbar athermanen Combinationen würden thermochroische seyn, welche in ihrem physikalischen Verhalten gegen die Licht-Wärmestrahlen den optischen Medien des Auges ähnlich sind.

VI. *Ueber die Wirkung einiger Blitzschläge in Freiberger Gruben; von F. Reich.*

1) Am Spätabend des 28. März 1845 entlud sich in der Umgegend von Freiberg ein Gewitter, wobei zwischen 10 und 11 Uhr ein Blitzschlag das Treibehaus des

Röschenschachtes der Grube Bescheert Glück, und zwar ohne Zweifel den dortigen Blitzableiter traf. Der bei der Ausförderung der Tonne beschäftigte Arbeiter sah das Innere des Hauses hell erleuchtet, hörte den heftigen Donnerschlag, bemerkte aber auch zugleich, dafs das Feuer des Blitzes an dem Signaldrahte, einem dicken eisernen Drahte, der zur Angabe der bei der Förderung nöthigen Zeichen dient, in den Schacht hineinfuhr, worauf er die Fördermaschine durch den Brems anhielt, bis er sich überzeugte, dafs weiter nichts vorgefallen sey. Auf der sechsten Gezeugstrecke in demselben Schachte, 1182 Dresdner Fufs in geneigter Richtung unter der Oberfläche, befand sich der die Füllung der Treibetonne besorgende Arbeiter. Derselbe sah an dem schon genannten Signaldrahte, den er hier von seiner tieferen Fortsetzung abgehangen und mit einem hölzernen Knebel versehen hatte, eine helle Erleuchtung, die am Ende davon absprang, wobei sie eine heftige, einem Schusse ähnliche Explosion hervorbrachte, ohne jedoch sonst eine Wirkung zu hinterlassen, und ohne dafs der Arbeiter eine Empfindung oder einen besonderen Geruch wahrgenommen hat. — Zu bemerken ist noch, dafs die auf dem Forste des Hauses hingehende Blitzableitung nahe neben dem sogenannten Wächter, einer Glocke, die von dem unterirdisch hängenden Wasserrade durch einen Metalldraht bei jedem Umgange angeschlagen wird, vorbeiführt; dafs aber dieser Wächterdraht weiter unten in die Nähe des mehrerwähnten Signaldrahtes kommt. — Letzterer ist übrigens ohne Unterbrechung in den Schacht hineingeleitet, steht aber mit der immer sehr nassen Zimmerung mehrfach durch eiserne Bankeisen in Verbindung. — Ist die ganze Erscheinung auch sehr erklärlich, so scheint es doch immer bemerkenswerth, dafs die Wirkung des Blitzes sich auf so bedeutende Tiefe unter die Oberfläche in einem völlig feuchten Schachte fortpflanzen konnte.

2)

2) Bei dieser Gelegenheit wurde ich durch Hrn. Geschwornen Franke auf die in Lempe's Magazin, Bd. 5, S. 150, enthaltene Beschreibung eines in der Grube verspürten Blitzschlages aufmerksam gemacht. Derselbe fand am 16. Juni 1787 Vormittags gegen 11 Uhr, und zwar in dem nämlichen Schachte der Grube Bescheert Glück, wie der obige, statt. Acht in dem Schachte befindliche Arbeiter sahen das Feuer an demselben Signaldrahte bis zur dritten Gezeugstrecke, dem damaligen Tiefsten, niederfahren, hörten einen schwachen Schufs, und zwei davon erhielten elektrische Schläge.

3) Am merkwürdigsten erscheint aber die Wirkung eines Blitzschlages, dessen Beschreibung mir aus den Acten durch Hrn. Bergmeister Fischer mitgetheilt wurde, und die, so viel ich habe erfahren können, noch nicht veröffentlicht worden ist. Das Phänomen trug sich am 5. Juli 1799 Abends gegen 7 Uhr auf dem Berggebäude Himmelsfürst zu. Ueber Tage wurde nur ein heller Blitz gesehen und ein heftiger Schlag gehört, ohne dafs man bestimmt wufste, wo es eingeschlagen hätte. Blitzableiter waren damals nicht vorhanden, sondern wurden erst in Folge dieses Ereignisses errichtet. In der Grube befanden sich mehrere Arbeiter auf vier verschiedenen Gängen auf drei Strecken vertheilt; von ihnen erhielten zwölf Mann elektrische Schläge, und zwar theils in einem Beine, theils in einem Arme, theils im Rücken; nach Aussage Einiger in den Körpertheilen, die an dem Gesteine anlagen. Mehrere davon wurden heftig in Schrecken gesetzt, und konnten nicht fortarbeiten; von zwei neben einander arbeitenden (No. 2 und 3) glaubte Jeder, er sey von dem Andern an das Bein geschlagen worden; der den Schlag im Rücken empfand (No. 6) wurde gegen den Ortstofs geworfen, und will noch nachher einen blauen Fleck auf dem Rücken behalten haben; Einige haben einige Zeit lang Schmerzen in einem Gelenke gefühlt; sonst aber war die Wirkung ohne Folgen. — Zwei

Arbeiter fanden sich ganz nahe bei anderen getroffenen, bemerkten aber nichts.

Um das Aufserordentliche der Erscheinung ganz zu würdigen, mufs man den der Anzeige darüber beigefügten Rifs betrachten, von welchem in Fig. 1 Taf. III eine ungefähre Copie gegeben ist. Auf demselben ist jeder Punkt, wo sich ein Arbeiter befand, der eine Erschütterung fühlte, mit einer Nummer bezeichnet; bei No. 7 sind zwei Mann unter Einer Nummer begriffen. — Bei *a* ist die Hängebank (Erdoberflächenmündung) des Grünrosner Treibeschachtes; er führt 66 Lachter tief in geneigter Richtung bis zur zweiten Gezeugstrecke bei *b*, auf welcher man über *d* und *e* nach No. 1 gelangt; — von *e* geht der erste Beweisschacht, sehr geneigt, 25 Lachter tief bis *f* auf die dritte Gezeugstrecke, die über *g* einerseits nach No. 2, 3, 4 und (in einem Förstenbaue) 5, — andererseits nach No. 6, — endlich aber von *h* aus nach No. 7 (in einem Förstenbaue) und No. 8 führt; — auf letzterem Wege bei *i* geht der ebenfalls geneigte, 10 Lachter tiefe, zweite Beweisschacht bis halb vierte Gezeugstrecke bei *k*, auf welcher man zu No. 9 und 10 gelangt. — Der erste Schacht *ab* war noch tiefer bis unter die dritte Gezeugstrecke abgesunken, und diese führt von *c* aus nach No. 11. — Die beiden Arbeiter, welche nichts empfanden, waren in der Nähe von No. 7 und No. 8.

Die verticale Tiefe der No. 9 und 10 unter der Erdoberfläche beträgt über 600 Dresdner Fufs, die horizontale Entfernung von No. 6 und 11 etwa 640 Dresdner Fufs, aber nur auf bedeutenden Umwegen durch Schächte und Strecken konnte man, wie wir gesehen haben, zu ihnen gelangen. Eine gute metallische Leitung von der Oberfläche nach den Arbeitern hin existirte nicht; eine Leitung durch die Erzmassen der Gänge ist nicht wahrscheinlich, da diese nicht ununterbrochen genug bis zur Oberfläche fortsetzen, auch der Gang, auf dem sich No. 6,

der die heftigste Erschütterung erhalten zu haben scheint, befand, nur unbedeutende Erze führt. — Hat etwa die elektrische Einwirkung durch die feuchte Oberfläche der Schächte und Strecken stattfinden können? Eine bestimmte Erklärung wage ich nicht zu geben.

VII. *Ueber ein einfaches Mittel, die Temperatur, welche durch eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge erzeugt wird, sehr bedeutend zu erhöhen; von C. F. Plattner in Freiberg.*

Mit einer Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge, deren Einrichtung für chemische Zwecke wir bekanntlich Berzelius verdanken, kann zwar eine so hohe Temperatur erzeugt werden, dafs man selbst kleine Mengen von Silber zu schmelzen, so wie mehrere Silicate mit kohlensaurem Natron in einem Platintiegel aufzuschliefsen vermag; es treten aber doch Fälle ein, wo man das Aufschliefsen kieselsaurer Verbindungen über einer solchen Lampe nicht mit völliger Sicherheit vornehmen kann, sobald dieselben zu strengflüssig sind oder sich überhaupt schwer aufschliefsen lassen, weil, wenn man auch den Lampendocht etwas weiter herausziehen wollte, es dann an der zur Verbrennung nöthigen atmosphärischen Luft fehlen und man eine rufsige Flamme bekommen würde. Man sieht sich daher in solchen Fällen genöthigt einen kleinen Windofen in Anspruch zu nehmen und Holzkohlen zu verbrennen, die an manchen Orten nicht immer zu haben sind.

Abgesehen davon, dafs man bei einer Schmelzung im Windofen nicht im Stande ist, während der Zeit, als sich der Tiegel im Feuer befindet, die schmelzende Masse von Zeit zu Zeit zu beobachten, um sich zu überzeugen,

ob noch eine Gasentwicklung stattfinde oder nicht, so ist man auch genöthigt, entweder einen sehr geräumigen Platintiegel anzuwenden, um ein mögliches Uebersteigen zu verhüten, oder in Ermanglung eines hinreichend grofsen Platintiegels, eine geringere Menge von dem Silicate zur Analyse zu nehmen, welches letztere Mittel, wenn es nicht an Material fehlt, nicht immer räthlich erscheint.

Um zu chemischen Zwecken eine hinreichend hohe Temperatur hervorzubringen, wendet Solly [1]) an der Stelle des Windofens einen eigens construirten Lampenofen an, der zur Verbrennung von Leuchtgas mit Sauerstoffgas so eingerichtet ist, dafs man einen Platintiegel an allen Punkten gleichmäfsig stark erhitzen kann.

Alexander von Humboldt hat schon im Jahre 1796 bei Construirung von Grubenlampen für böse Wetter [2]) dargethan, dafs, wenn man den vom Dochte aufsteigenden brennbaren Gasarten, die bei Anwendung von Oel gebildet werden, eine hinreichende Menge von atmosphärischer Luft mit einem entsprechenden Drucke so zuführt, dafs eine vollständige Mengung erfolgt, die Verbrennung der ersteren in kohlensäurereichen Wettern auf das Vollkommenste von Statten geht.

Erinnert man sich, wenn bei einer einfachen Spirituslampe der Docht zu weit herausgezogen ist, wie unvollkommen die gasförmig entweichenden Bestandtheile des Brennmaterials durch den Sauerstoff der freiwillig hinzutretenden atmosphärischen Luft in gasförmige Kohlensäure und Wassergas umgeändert werden, und dafs daher im Verhältnifs zur Menge des zerlegten Brennma-

1) Dessen Beschreibung eines chemischen Lampenofens im *Philosoph. Magazine*, *Vol. XXVI*, *p.* 190.

2) Alexander von Humboldt, über die unterirdischen Gasarten und die Mittel ihren Nachtheil zu vermindern. Ein Beitrag zur Physik der practischen Bergbaukunde. Braunschweig bei Friedrich Vieweg, 1799.

terials viel zu wenig Wärme erzeugt wird, man dagegen die Hitze bedeutend erhöhen kann, wenn man das Löthrohr zu Hülfe nimmt, was sich auch an jeder Glasbläserlampe beobachten läfst, es mag Talg, Oel oder Spiritus angewendet werden, so liegt es sehr nahe, dafs sich dieses Mittel auch in dem Falle anwenden lasse, in welchem man die Hitze weniger auf einen Punkt concentriren, als auf die ganze Oberfläche eines Gegenstandes wie z. B. auf einen Platintiegel, wirken lassen will. Man braucht nur in den unteren Theil der Flamme einer Spirituslampe mit cylindrischem Dochte, durch mehrere metallene Röhren, die mit feinen Ausgangsöffnungen versehen sind, atmosphärische Luft mit mäfsiger Pressung so zu leiten, dafs alle Theile der vom Dochte aufsteigenden brennbaren Gasarten vollständig verbrennen können.

Ich habe mir vor einiger Zeit einen solchen Apparat für eine meiner Spirituslampen mit cylindrischem Dochte fertigen lassen, dessen Einrichtung sich aus der Zeichnung, Taf. III Fig. 2, ergiebt. *a* ist eine messingene hohle Kugel, an die sich unten ein, aus zwei Stükken bestehendes, kreisförmig gebogenes Rohr *b*, ebenfalls aus Messing gefertigt, anschliefst, dessen offenes Ende zur Aufnahme eines elastischen Rohres dient, welches mit einem kleinen, mit Windreservoir versehenen Blasebalg verbunden ist, der eine hinreichende Menge Wind von etwa 1 Zoll Quecksilber Pressung liefert, so dafs sich der in jedem chemischen Laboratorium zum Gasblasen vorhandene Blasebalg recht gut dazu gebrauchen läfst.

Etwas über der Mitte der Kugel sind im Kreise fünf konische messingene Röhren *ccccc* eingelöthet, die von der Kugel aus so gebogen sind, dafs das geradauslaufende Ende einer jeden derselben mit der Axenlinie der cylindrischen Dille für den Docht, einen Winkel von ungefähr 12° bildet, und das Ende selbst von der Aufsen-

seite der Dille nur einen geringen Abstand hat. Die Ausgangsöffnungen der fünf Röhren sind so weit, daſs man bequem mit einer mäſsig starken Stricknadel hineinfahren und sie, wenn es nöthig seyn sollte, reinigen kann; das Ende einer solchen Röhre ist aber, wie bei einem Löthrohr, mit einer besonderen cylindrisch gebohrten Aufsteckspitze versehen, deren Oeffnung nur so weit ist, daſs in dieselbe eine feine Nähnadel paſst.

Hr. Prof. Reich hat sich ebenfalls einen solchen Apparat fertigen, an demselben jedoch noch eine sechste Röhre anbringen lassen, die genau in die Axenlinie der Lampendille fällt, um in nöthigen Fällen den Boden des Platintiegels recht stark erhitzen zu können. Diese Röhre ist aber in eine, auf die Kugel gelöthete Dille eingeschliffen, so daſs sie zu jeder Zeit weggenommen und die Dille selbst mit einem Pfropfen verschlossen werden kann.

Zur Aufstellung dieses Apparats, für welchen sich der Name: *Blaserohr für Spirituslampen mit cylindrischem Dochte*, eignen dürfte, dient die Querstange *de*, welche bei *f* verlängert oder verkürzt werden kann; sie ist mit einer Dille *g* versehen, in welcher sich der ganze Apparat um seine Axe bewegen läſst.

Soll das Blaserohr in Gebrauch genommen werden, so verbindet man dasselbe mit der Stange *d*, welche für immer an dem Stativ der Lampe befestigt seyn kann, und stellt die Lampe so zwischen die fünf Röhren, daſs die Enden der letzteren, oder vielmehr die Enden der Aufsteckspitzen, mit dem oberen Rand der Dille in eine Ebene fallen und alle gleichen Abstand von der Dille haben.

Nachdem man hierauf die Lampe angezündet und den Schornstein aufgesetzt hat, stellt man über letzteren den Platintiegel mit dem zu schmelzenden Gemenge wie gewöhnlich in eine Trage von mäſsig starkem Platindraht; in welcher Entfernung dieſs aber geschehen müsse, richtet sich darnach, ob man eine sehr starke oder nur eine

mäfsig starke Hitze erzeugen will, wozu auch der Docht mehr oder weniger herausgezogen werden mufs.

Gesetzt nun, man hätte ein schwer aufzuschliefsendes Silicat mit kohlensaurem Natron zu schmelzen, so stellt man im Anfange den Platintiegel so, dafs der Boden desselben mit dem oberen Rande des Schornsteins in eine Ebene fällt, und zieht den Docht nur so weit heraus, als es gerade nöthig ist. Läfst man jetzt die Gebläseluft in die Flamme wirken, so wird schon eine so starke Hitze erzeugt, dafs die Zersetzung des Silicats durch das kohlensaure Natron beginnt, ohne dafs die Masse sich sehr aufblähte, sondern in der Regel nur stark frittet. Zieht man hierauf, ohne das Blasen zu unterbrechen, den Docht etwas weiter heraus, damit sich mehr brennbare Gasarten entwickeln, und entfernt den Platintiegel etwas mehr von dem Schornstein, so entsteht um den Tiegel herum, wo die Verbrennung der brennbaren Gasarten am vollkommensten geschieht, eine Hitze, bei welcher die Masse in wenig Minuten zum Schmelzen kommt, ohne sich sehr aufzublähen, weil die an das Natron gebundene Kohlensäure schon gröfstentheils ausgetrieben wurde, noch ehe die Masse zum Schmelzen kam. Findet ja noch ein zu starkes Aufblähen statt, so darf man nur die Hitze wieder etwas vermindern; was sich sehr leicht bewerkstelligen läfst, sobald man den Docht etwas zurückzieht.

Wenn es darauf ankommt, eine sehr hohe Hitze zu erzeugen, so gelingt diefs sehr leicht, wenn man die Lampe mit einem doppelten Dochte versieht, und zwar so, dafs einer über den andern geschoben wird; es mufs jedoch vorausgesetzt werden, dafs die Dille auch die dazu erforderliche Weite besitzt.

Auf diese Weise kann man jede kieselsaure Verbindung mit kohlensaurem Natron vollständig aufschliefsen und sich überzeugen, wann die Zersetzung beendigt ist, sobald man von Zeit zu Zeit den Deckel des Tie-

gels etwas lüftet, und nachsieht, ob noch Gasblasen aufsteigen oder ob die flüssige Masse sich ganz ruhig verhält. Silicate, welche Basen enthalten, die sich in dem aus Kieselsäure und Natron gebildeten Glase auflösen, bilden eine vollkommen durchsichtige flüssige Masse, so dafs man den Boden des Tiegels deutlich sehen kann. Die Zeit, welche man zum Aufschliefsen einer kieselsauren Verbindung zu verwenden hat, ist gering; man braucht bei Anwendung von 2 Grammen der feingepulverten Substanz mit 6 Grm. völlig entwässerten kohlensauren Natrons, selten länger als 10 Minuten zu blasen. Zirkon in sehr fein gepulvertem Zustande, habe ich in einer reichlichen Viertelstunde völlig aufschliefsen können.

Schliefslich bemerke ich noch, dafs sich dieser Apparat auch zu anderen Schmelzungen in Porcellantiegeln anwenden läfst, wenn es darauf ankommt eine stärkere Hitze zu erzeugen, als man sie von einer Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge verlangen kann.

VIII. *Nachricht über eine Quarzpseudomorphose; von W. Haidinger.*

Dem k. k. montanistischen Museum wurden von dem Hrn. Stadtphysikus Dr. A. M. Glückselig in Ellbogen kürzlich einige interessante Stücke verehrt, die ihres eigenthümlichen Ansehens wegen die Aufmerksamkeit des Mineralogen fesseln, wenn auch ihre Erklärung innerhalb des Kreises derjenigen liegt, welche als längst bekannte bezeichnet werden können.

Die Stücke, 6 bis 8 Zoll lang und breit, waren von dem k. k. Hrn. Gubernialrath und Kreishauptmann des Ellbogner Kreises, Freiherrn von Karg, in einem Steinbruche in der Nähe von Kupferberg in Böhmen bemerkt und aufgenommen worden. Auch mehrere andere Stücke mögen weggebracht worden seyn, aber in kleineres Format zerschlagen. Die ersten kleineren Stücke, welche ich von meinem Bruder Eugen in Ellbogen erhielt, hatten etwa das Ansehen eines Ganges von Chalcedon in stänglichem Quarz, aber mit der sonderbaren Eigenthümlichkeit, dafs die Individuen auf die Chalcedonwände aufgesetzt erscheinen.

An den grofsen Stücken zeigte sich nun sogleich der Schlüssel zur Erklärung der Erscheinung. Obwohl nun keine Spur von kohlensaurem Kalk mehr übrig ist, so hatten doch skalenoëdrische Krystalle von Kalkspath Veranlassung zu der gegenwärtigen Austheilung von Quarzindividuen gegeben. Der Durchmesser der in ansehnlichen Drusen versammelten Kalkspathkrystalle beträgt bis über zwei Zoll, wie diefs aus den symmetrisch sechsseitigen Querschnitten geschlossen werden kann, welche aber nun nicht mehr mit Kalkspath, sondern mit halbdurchsichtigen, deutlich erkennbaren Quarzindividuen er-

füllt sind. Die stängliche Structur beginnt, wie in anderen Pseudomorphosen, von der ehemaligen Oberfläche der Skalenoëder.

Ueber der Oberfläche der skalenoëdrischen Krystalle folgt eine durch die ganzen Stücke sehr gleichförmige Lage von Chalcedon, zwischen 2 und 4 Linien dick. Farbe zwischen milchweifs und smalteblau, hin und wieder mit zahlreichen kreisrunden, blutrothen Punkten besät. Ueber dieser Lage folgt wieder halbdurchsichtiger Quarz in deutlichen erkennbaren Individuen. Diese sind bis $1\frac{1}{2}$ Zoll lang, und zum Theil in den wenig glänzenden Zusammensetzungsflächen leicht trennbar, zum Theil sind sie zerbrochen, und zeigen dann höhere Grade von Fettglanz. Die schimmernde ebene Bruchfläche des Chalcedons bietet neben den Farben auch im Glanze einen sehr auffallenden Gegensatz.

Zunächst der ursprünglichen Oberfläche der Kalkspathkrystalle bemerkt man eine deutliche rothe Färbung von Eisenoxyd, hierauf im Chalcedon selbst eine etwas durchsichtigere, daher dunkler erscheinende Linie, die jener Oberfläche entspricht. Die äufsere Oberfläche der Chalcedonlage ist abgerundet, wie man es von dem Durchschnitte einer nierförmigen Gestalt erwarten mufs. Die Fig. 19 Taf. I, welche ich dem k. k. Hrn. Hauptmünzamts-Praktikanten E. Pöschl verdanke, stellt eines der Stücke in halber Gröfse vor. An einem kleineren Stücke setzt der Quarz deutlich gangweise durch die zerbrochene Chalcedonrinde. Hin und wieder geht der Quarz in Krystallspitzen aus. Ueber denselben sind noch abgesondert Krystallrinden von Quarz sichtbar, welche im Innern Eindrücke der Kalkspathcombination $\frac{1}{2}R' . \infty R$, der bekannten sogenannten Zweckendrusen, zeigen.

Versuchen wir nun aus dieser Urkunde ein Fragment der Geschichte des Ganges zu entwickeln, welcher sie geliefert hat, so zeigen sich mehrere verschiedene Perioden. An unseren Stücken fehlt das Nebengestein. Der Kalkspath ist also hier das erste Glied.

Er war aber nach anderen Analogien in einer langen Zeitperiode der Ruhe auf Drusenräumen in einem Gange gebildet, und an einem Ende der Krystalle aufgewachsen. Man hätte damals schöne Kalkspathdrusen auf dem Gange angetroffen. Die Kalkspathbildung hatte aufgehört, als die Chalcedonbildung begann, indem durch veränderte Umstände die Kieselsäure aus der Umgebung ausgeprefst sich in dem vom Wasser erfüllten Gange ablagern konnte. Ohne Zweifel geschah sie gleichmäfsig, und zwar von gelblicher Farbe durch Eisenoxydhydrat gefärbt, also bei niedriger Temperatur; denn die rothen Eisenoxydpunkte, die rothen Ausfüllungen der Sprünge in den Chalcedonlagen konnten sich nicht mit denselben zugleich aufbauen. Während der Chalcedonbildung blieb der Kalkspath unversehrt. Man würde um diese Periode der Gangbildung Kalkspath mit Chalcedon überzogen angetroffen haben. Diefs ist ein Bildungsfortschritt in elektro-negativer Richtung, wie man ihn so gewöhnlich auf Gängen trifft, etwa in der Aufeinanderfolge von Blende, Bleiglanz, Spatheisenstein, Kalkspath, krystallisirtem Quarz.

Aber die Bildung des Chalcedons war auch geschlossen bevor die des Quarzes begann, der nun an seiner Oberfläche und anstatt des während seiner Bildung verschwindenden Kalkspaths im Innern der Krystallräume dieses letzteren abgelagert wurde. Während dieses Vorganges zogen sich die rothen Punkte im Chalcedon zusammen, dieser zersprang hin und wieder, und es schied sich auf den feinen Klüften Eisenoxyd aus. Man kann ohne Zweifel diese Veränderung einer Erhöhung der Temperatur zuschreiben, die zugleich hinreichend war, um die Krystallisation des Quarzes zu begünstigen. Doch nimmt man in der Färbung der Quarzkrystalle wieder einen anogenen Fortschritt in der Farbe wahr, indem die letzten Absätze von Eisensäure blafs violblau gefärbt sind, und zum Theil kleinen rothen Eisensteinkugeln im Innern und an der Oberfläche zur Unterlage dienen.

Nach dem krystallisirten Quarze folgten nun wieder flache rhomboëdrische, viel kleinere Kalkspathkrystalle in kugelförmigen Gruppen. Sie dürfen wohl als das Product eines Fortschrittes in elektro-positiver Richtung angesehen werden. Aber eine neue anogene oder elektronegative Bildung erscheint die Krystallrinde von Quarz an ihrer Oberfläche, deren Bildung zugleich die Zerstörung des Kalkspaths mit sich bringt.

Zwei Bildungen von Kalkspath, zwei von krystallinischem Quarz, eine von Quarz in verschwindenden Individuen, eine von Eisenoxyd aus Eisenoxydhydrat, zwei Perioden der Zerstörung von Kalkspath erscheinen deutlich in dem Handstücke. Man kann sie zur Uebersicht in ein Schema ordnen, in welchem die Aufeinanderfolge, der elektro-chemische Gegensatz der unmittelbar aufeinander folgenden Bildungen und die zu beobachtende Veränderung ausgedrückt sind:

1) Katogen. + Kalkspath in Skalenoëdern S_3.
2) Anogen. — Chalcedon und Eisenoxydhydrat.
3) Katogen. + Quarz, Eisenoxyd aus dem vorhergehenden Hydrat, Kalkspath aufgelöst.
4) Anogen. — Fortsetzung der Quarzkrystallisation, in der beginnenden Amethystfärbung.
5) Katogen. + Kalkspath, in flachen rhomboëdrischen Krystallen $\frac{1}{2}R' . \infty R$.
6) Anogen. — Quarzrinde, Kalkspath aufgelöst.

Wie viel Wichtiges sollte nicht das Studium eines Ganges dieser Art gewähren, wenn man ihm die Aufmerksamkeit schenken könnte, die er verdient, nicht nur in einzelnen Bruchstücken, sondern vielmehr im Ganzen, in seiner Lage im Nebengestein, in Bezug auf den chemischen Bestand dieses, in seiner Erstreckung in's Feld und in die Teufe, um die Richtung der Ströme festzuhalten, welche vorzüglich in den Pseudomorphosen ihre unbezweifelbaren Spuren zurückgelassen haben.

IX. *Ueber die vermeintliche Kenntniſs der Alten vom Platin; von E. L. Schubarth.*

Vor Kurzem hat Hr. Prof. Dr. Schweigger, in Halle, in einem Aufsatze [1]) darzuthun gesucht, daſs, wie auch schon Höfer in seiner *histoire de la chimie etc.* bemerkt hat, die Alten das Platin gekannt und verarbeitet haben, daſs unter *plumbum candidum* (*album*), *κασσίτερος*, *ἤλεκτρον*, *χρυσὸς λευκός* nichts anderes als Platin zu verstehen sey. Obschon wir nun von dem gelehrten Technologen Beckmann eine technologisch-philologische Abhandlung über Zinn [2]) und Verzinnen besitzen, in welcher er nachzuweisen sich bemüht, daſs das Plinianische *plumbum candidum* unser Zinn, und *κασσίτερος* höchst wahrscheinlich dasselbe Metall andeute, so erlaube ich mir doch, auf Grund der Mittheilungen der Alten, die seit Jahrhunderten angenommene und von Beckmann, wie mich dünkt, sehr glücklich gerechtfertigte Meinung noch durch mehrere Thatsachen zu unterstützen, und somit die von Hrn. Schweigger vorgetragene Ansicht zu bekämpfen.

Zu diesem Ende wird es gut seyn, das 47. Kapitel des 34. Buches von Plinius [3]), mit Hinweglassung einiger nicht zur Sache gehöriger Stellen, in deutscher Uebersetzung voranzuschicken, und mit erläuternden und berichtigenden Anmerkungen zu versehen.

Plinius sagt: Es giebt zwei Arten Blei, schwarzes und weiſses, letzteres ist das theuerste, und wird

1) Erdmann's und Marchand's Journal für pract. Chemie, Bd. 34, S. 385.

2) Beiträge zur Geschichte der Erfindungen, Bd. 4, S. 321.

3) Ich habe mich der Ausgaben von Franz und Sillig bedient.

von den Griechen Kassiteron [1]) genannt. Man erzählt das Mährchen, es werde von Inseln [2]) des atlantischen Oceans in geflochtenen, mit Leder überzogenen Fahrzeugen geholt [3]). Jetzt ist es aber gewiſs, daſs dasselbe ein Naturproduct Portugals und Galiciens [4]) ist. Die Oberfläche der Erde ist dort sandig, von schwarzer Farbe, und nur durch's Gewicht entdeckt man das Erz [5]). Es sind auch sehr kleine Körnchen darunter, besonders im Sande eingetrockneter Bäche. Bergleute waschen den Sand, und man verschmelzt das dadurch abgeschiedene Erz in Oefen. Auch an Orten, wo Waschgold [6]) gefunden wird, zeigt sich jenes Erz, schwarze Körnchen, etwas in Helligkeit verschieden, welche vermittelst zugeleiteten Wassers ausgewaschen werden. Sie haben mit dem Golde gleiche Schwere, bleiben deshalb auch mit diesem in den Körben zurück, in denen man das Gold zu sammeln pflegt. Hierauf werden dieselben geschieden [7]), und liefern in Oefen durch's Schmelzen das weiſse Blei.

1) *κασσίτερος*, nicht *κασσίτερον*.

2) Sie hieſsen deshalb die Kassiteriden, vergl. Plinius, Buch 4, Kap. 36, und Strabo, Buch 3, Bd. 1, S. 227 der Kramer'schen Ausgabe.

3) Vergl. auch Plinius, Buch 4, Kapit. 30.

4) Strabo a. a. O. — Plinius gedenkt nicht Englands, dessen Reichthum an weiſsem Blei schon Caesar kannte (*de bello gallico*, Buch 5, Kap. 12), ebenso Strabo a. a. O. — Diodor, Buch 5, Kap. 22, erwähnt den englischen Kassiteros, und das Vorkommen auf Gängen.

5) Strabo führt an, der Kassiteros komme nicht allein im Sande an der Erdoberfläche vor, sondern werde auch, in mäſsiger Tiefe, gegraben, desgl. Diodor vom Kassiteros in Iberien, Buch 5, Kap. 38.

6) Plinius erzählt im 33. Buche, Kap. 21, die Gewinnung des Waschgoldes, und nennt solche Werke *alutatium*. An unserer Stelle steht *aluta* (*elutia*). Er erwähnt, daſs in Portugal und Spanien viel Waschgold gewonnen werde.

7) Ich gebe der Lesart: *separantur*, *caminisque conflati etc.* den Vorzug, da eine Trennung im Ofen, — man hat gewöhnlich der Lesart: *separantur caminis*, *conflatique etc.* den Vorzug gegeben — schwerlich stattfinden würde, Gold und weiſses Blei würden sich ja legiren. Auch die dritte Lesart: *separantur canistris* ist nicht zu

In Galicien giebt es kein schwarzes Blei, während das angränzende Cantabrien an diesem Ueberflufs hat, auch wird aus weifsem Blei kein Silber geschieden, obschon es aus dem schwarzen gewonnen wird. Schwarzes Blei kann ohne weifsem nicht verbunden (gelöthet) werden [1]), und letzteres nicht ohne Oel; auch kann weifses Blei ohne schwarzem nicht verbunden werden [2]). Das weifse stand zur Zeit des trojanischen Kriegs in Ansehen, wie Homer bezeugt; er nannte es Kassiteron.

Das schwarze Blei hat eine zweifache Abstammung, einmal kommt es aus seinem eigenen Erz, und zeugt nichts Fremdartiges aus sich; sodann wächst es auch mit Silber zusammen, und wird aus dem Gemisch beider Erze gewonnen. Das Metall, welches beim Verschmelzen solcher Erze zuerst aus dem Ofen fliefst, heifst *stannum* (Werkblei) [3]); das zweite, welches man aus diesem gewinnt, ist Silber; der Rückstand heifst *galena* (Heerd) [4]). Wird dieser gefrischt, so gewinnt man schwarzes Blei (Frischblei), wobei $\frac{2}{3}$ des Gewichts verloren gehen.

Wenn man kupferne Gefäfse mit *stannum* (Werkblei) überzieht, so wird der Geschmack verbessert und der giftige Grünspan vermieden. Dabei ist es merkwürdig, dafs dadurch das Gewicht derselben nicht ver-

verwerfen, indem wohl auch eine weitere Scheidung durch Körbchen ausgeführt werden könnte.

1) Vergl. Buch 33, Kap. 30, wo dieselbe Behauptung vorkommt.

2) Der britische Kassiteros schmilzt leichter als Blei, Aristoteles, *de mirabilibus narrationibus*, *cap.* 51. Der Schmelzpunkt des Bleies ist 350° C., der des reinen Zinns 240° C.

3) Eine Legirung von Blei mit Silber, Kupfer, Antimon, Arsenik u. a. m.

4) Das Wort *galena* kann nicht füglich anders als Heerd übersetzt werden, d. i. ein Gemeng von den erdigen Stoffen, aus welchen der Treibheerd gebildet wurde, und der erzeugten Bleiglätte, die sich in denselben einzieht. Gewöhnlich bedeutet das Wort *galena Bleiglanz* (Bleierz), vergl. Buch 33, Kap. 31, Buch 34, Kap. 53, wo es heifst: *est et molybdaena, quam alio loco galenam vocavimus, vena argenti plumbique communis.*

mehrt wird [1]). Auch Spiegel werden daraus gefertigt; die in Brundusium [2]) gefertigten waren sehr geschätzt, bis silberne selbst Mägde zu gebrauchen angefangen haben.

Heut zu Tage wird durch Zusatz von $\frac{1}{3}$ weifsen Erzes [3]) zum Werkblei (*stannum*) weifses Blei nachgeahmt; es wird auch noch auf eine andere Weise verfälscht. Man mischt z. B. gleiche Theile schwarzes und weifses Blei, welche Legirung von Einigen silberartiges Blei (*plumb. argentarium*) genannt wird; es heifst auch dreipfündiges, wenn in dem Gemisch 2 Theile schwarzes und 1 Theil weifses sich befinden. Das Pfund davon kostet 10 Denare [4]). Man bedient sich desselben zum Löthen der (bleiernen) Röhren. Unredliche setzen zum dreipfündigen gleiche Theile weifses Blei, und nennen eine solche Mischung silberähnliches Blei. Man überzieht damit was beliebt. Der Preis dieser Legirung ist 60 Denare [5]) für 100 Pfund. Das unversetzte weifse Blei kostet 10, das schwarze 7 Denare [6]).

Das

1) Das soll heifsen, höchst unbedeutend.

2) Plinius sagt Buch 33, Kap. 45, die Spiegel würden aus Werkblei und Kupfer gefertigt, was glaublicher ist, als dafs sie aus ersterem allein sollten dargestellt worden seyn, was viel zu weich ist, um Politur anzunehmen, auch schnell erblindet. Sollte überhaupt nicht Plinius hier das Werkblei mit Zinn verwechseln?

3) Das von Plinius, Buch 34, Kap. 2, erwähnte *aes candidum* (von dem es heifst: *argento nitore quam maxime accedens*) kann hier nicht gemeint seyn. Ob es eine Arseniklegirung gewesen seyn mag?

4) D. i. 2 Thaler 5 Silbgr., wenn 1 Denar $=6\frac{1}{2}$ Silbgr. — Ein römisches Pfund ist $=22{,}4$ preufs. Loth. — Ein enormer Preis.

5) D. i. 13 Thaler für 100 Pfund, also kostete ein römisches Pfund 3,9 Silbgr. Dieser Preis stimmt aber ganz und gar nicht mit den Preisen der Bestandtheile, denn wenn 1 Pfund weifses und 1 Pfund dreipfündiges Blei jedes 10 Denare kosten, so mufs von einer Legirung beider zu gleichen Theilen das Pfund auch 10 Denare, 100 Pfund also 1000 Denare kosten, und nicht 60.

6) Das weifse kostete also 2 Thaler 5 Silbgr., das schwarze 1 Thaler 15 Silbgr.

Das weifse Blei ist mehr trockner, das schwarze mehr feuchter Natur; deshalb taugt auch das weifse ohne Beimischung zu keiner Sache. Silber kann z. B. damit nicht gelöthet werden, weil dasselbe eher schmilzt [1]), und es wird für eine Thatsache angesehen, dafs, wenn weniger schwarzes zum weifsen hinzugesetzt wird, als nothwendig ist, das Silber davon angefressen wird [2]). Man überzieht auch, nach einer gallischen Erfindung, kupferne Geräthe mit weifsem Blei, und letztere können dann von silbernen kaum unterschieden werden. Man nennt sie *incoctilia* (verzinnte Waaren). Später hat man in der Stadt Alesia (Alise) auch Pferdegeschirr mit Silber überzogen, ebenso die Joche der Stiere. — Weifses Blei wird daran geprobt, dafs es im geschmolzenen Zustande Papier nicht durch seine Hitze, sondern vermöge seines Gewichts zerreifst [3]).

So weit Plinius.

Es kann darüber nicht der mindeste Zweifel erhoben werden, dafs unter *schwarzem Blei* das eigentliche *Blei* zu verstehen sey; es wurde schwarz genannt im Gegensatz von weifsem Blei. Die Beschreibung des Vorkommens des Bleiglanzes mit Silber, die Gewinnung des Werkbleies, des Silbers, des Frischbleies, alles dieses spricht entschieden für obige Behauptung.

Ebenso unterliegt es keinem Zweifel, dafs *stannum*

1) Vorausgesetzt, dafs Plinius unter weifsem Blei unser Zinn verstanden habe — wovon unten mehr — so sind hier zwei Irrthümer: 1) kann man Silber mit Zinn sehr gut löthen, und 2) schmilzt Zinn weit eher als Silber. Pintianus führt eine Lesart an: *quam prius liquescat argentum*; aus dem Accusativ möchte ich den Ablativ machen, und lesen: *quamquam prius liquescat argento*, dann wäre doch ein Irrthum gehoben.

2) Nach Plinius, Buch 33, Kap. 30, löthet man Silber mit Werkblei (*stannum*).

3) D. h. man kann weifses Blei in Papier eingewickelt schmelzen, denn der Schmelzpunkt desselben liegt niedrig, das Papier wird mehr durch's Gewicht zerrissen, als durch Hitze zerstört.

nicht Zinn, sondern das sogenannte *Werkblei* bedeutet, von welchem man durch's Treiben Silber scheidet, wobei Glätte und Heerd gewonnen werden, welche gefrischt Blei liefern. Dafs man kupferne Geräthe verbleien kann, ist eine Thatsache, dafs aber eine Verzinnung besser ist, kann Niemand läugnen. Dafs Plinius dieses gewufst habe, kann daraus entnommen werden, dafs er sagt: »Unredliche nehmen zum Ueberziehen eine Legirung von schwarzem und weifsem Blei«, d. h. es wäre besser gewesen, weifses Blei unverfälscht anzuwenden; allein da dieses theurer ist als das schwarze, so nehmen unredliche Leute ein Gemisch beider. Das Ueberziehen mit weifsem Blei kannte er sehr wohl, und bezeichnet es als eine gallische Erfindung.

Was bedeutet nun aber *weifses Blei*, *plumbum candidum* (*album*)? Alle Ausleger, Philologen wie Technologen, Chemiker, sind zeither der Meinung gewesen, dafs unter diesem Ausdruck *Zinn* zu verstehen sey, und, wie mich dünkt, mit vollem Recht, denn:

1) Noch heutiges Tages findet sich in Galicien, so wie in dem angränzenden Portugal Zinnerz. Hoppensack [1]) bemerkt, dafs in dem Gebirge, welches aus Portugal nach Galicien zieht, zur Zeit genugsam Zinngänge bekannt seyen; 1787 fing man an, in der Nähe der Stadt Monte-de-Rey in Galicien, und in der Umgegend, auf Zinnerz zu bauen. Es finden sich Zinngraupen in gröfseren und kleineren Stücken [2]); das Gebirge ist meist Granit. — Englands Zinnbergbau, der bedeutendste in Europa, ist zu bekannt, als dafs es nöthig wäre etwas darüber anzuführen.

2) Die Beschreibung des Erzes, aus welchem das

1) Ueber den Bergbau in Spanien. Weimar 1796.

2) Diefs stimmt mit Strabo's Erzählung überein, welcher angiebt, dafs das Erz durch Bergbau gefördert werde, nicht an der Erdoberfläche vorkomme (τὸν δὲ καττίτερον οὐκ ἐπιπολῆς εὑρίσκεσθαι, ἀλλ' ὀρύττεσθαι), a. a. O. S. 226 u. 227. Vergl. auch Diodor etc. vorn.

weifse Blei gewonnen wird, pafst ganz auf das Zinnerz. Es hat dasselbe eine dunkelbraune, in's Schwarze, Graue, selbst Weifse [1]) hinneigende Farbe, kommt häufig in abgerundeten Stücken und Körnern vor, glänzend, spec. Gewicht 6,3 bis 7,0, findet sich im Urgebirge, häufig im erhabensten Theile desselben, theils auch als Gemengtheil in manchen Felsarten, ferner auf secundären Lagerstätten in dem durch Zerstörung primitiver Felsarten entstandenen sogenannten Seifengebirge [2]). G. Agricola [3]) führt unter den verschiedenen Methoden des Waschens von Gold und Zinnerz, eine in Portugal seiner Zeit gebräuchliche an, und beschreibt einen Ofen, zum Schmelzen des Zinnerzes, wie er dort in Anwendung war.

3) Blei löthet man mit einem Lothe aus Blei und Zinn; Plinius sagt zwar, ohne Zusatz von Zinn gelinge es nicht. Das ist nicht ganz richtig; die Bleiarbeiter löthen auch Blei mit Blei, was man Vergiefsen oder Löthen mit dem kalten Kolben nennt. Ueber das Löthen des Silbers mit Zinn haben wir schon vorn in der Anmerkung das Nöthige erwähnt. Uebrigens ist es ganz richtig, dafs Silber vom Zinn (aber auch vom Blei) angefressen werde.

4) Das Ueberziehen kupferner Geräthe mit Zinn, lehrt Plinius, ertheilt den letzteren ein silberartiges Ansehen. Und wenn er anführt, dafs Zinn in Papier geschmolzen werden könne, so ist diefs wegen des niedrigen Schmelzpunkts desselben möglich. Aufser Zinn haben nur noch Wifsmuth und Tellur ähnliche niedrige Schmelztemperaturen; letztere beiden kannten die Alten nicht.

Gegen diese allgemein angenommene Meinung, das

1) *calculi nigri, paulum candore variati,* sagt Plinius.

2) *summa tellure arenosa,* sagt Plinius,

3) *De re metallica. Basil.* 1657. *p.* 269 *seqq.*

weiſse Blei des Plinius sey Zinn, führt nun Schweigger, durch eine Bemerkung von Höfer, in dessen *histoire de la chimie*, veranlaſst, eine Mehrzahl von Gründen an, durch welche er darzuthun sich bemüht, es sey ein Irrthum, unter dem Ausdruck weiſses Blei sey *Platin* zu verstehen. Dafür sollen sprechen: Das Vorkommen in Körnern im Fluſssande mit Gold zusammen, und die Behauptung des Plinius, daſs die Körner gleiche Schwere wie Gold hätten.

Allerdings ist ein Zusammenvorkommen von Zinnerz mit Gold ungewöhnlich, doch aber nicht unmöglich. Der Granit enthält nicht selten Spuren von Gold. Plinius giebt an, daſs in Galicien und Portugal Gold in Seifen vorkomme, ebenso daselbst Zinnerz. Es ist wohl möglich, daſs beide zusammen in einem Seifengebirge vorgekommen seyn können. In den amerikanischen und uralschen Goldseifen ist allerdings kein Zinnerz eingemengt, wohl aber Platinerz. Zudem sagt Strabo ausdrücklich, es sey ein Irrthum, das Kassiteros werde in Galicien nicht an der Oberfläche der Erde gefunden, sondern gegraben, bei den Artabrern, welche in Nordwest von Portugal wohnen, sey die Erde mit weiſsem Gold, Silber und Kassiteros erfüllt; solche Erde führen die Flüsse.

Platinerz [1]) ist in Europa heut zu Tage nirgend zu finden, weder in Spanien noch Portugal, nicht in England, wo die Zinnerze noch heute vorkommen, wie zur Zeit von Caesar, Diodor, Strabo. Auch paſst die Beschreibung der Körner, wie sie Höfer aus Plinius entnommen, *calculs noirs*, *variés des taches blanches*, wohl auf das äuſsere Ansehen des Platinerzes, stimmt

1) Daſs in einem spanischen Fahlerz eine Spur Platin entdeckt worden, so wie in Frankreich in Brauneisenocker, ja selbst am Harz Spuren, beweist nichts gegen die Behauptung, da nirgend *Platinerz in Körnern*, begleitet von den bekannten fremden Metallen, gefunden worden ist.

aber, meines Erachtens, nicht genau mit den Worten des lateinischen Textes überein (vergl. vorn). Plinius will sagen: die Körner sind zwar von schwarzer, d. h. dunkler Farbe, allein einige sind mehr, die andern mindern dunkel, es waltet einige Verschiedenheit in der Farbenintensität ob. Diese Uebertragung stimmt mit dem Ansehen des Zinnsteins wohl überein.

Einen Hauptgrund, weshalb das weifse Blei Platin gewesen sey, finden Höfer und Schweigger in der Behauptung des Plinius, dafs die schwarzen Körner *gleiche Schwere* mit Gold haben sollen (*eadem gravitas quae auro*). Nimmt man den Ausdruck *gravitas* gleichbedeutend mit spec. Gewicht, so kann das bezügliche Erz nur Platinerz gewesen seyn, da es kein anderes Erz giebt, welches mit dem Waschgolde gleiches spec. Gewicht hätte [1]). Allein unter *gravitas* ist nicht das spec. Gewicht zu verstehen, sondern im Allgemeinen das Schwerseyn im Gegensatz des Leichten. Plinius will ausdrücken: Gold und jenes schwarze Erz sind beide so schwer, dafs sie beim Verwaschen des Sandes, in welchem sie enthalten sind, sich absondern, zu Boden sinken; beide sind schwerer als Sand, und setzen sich deshalb ab. Dafs Plinius hier nicht an das spec. Gewicht denkt, überhaupt über das spec. Gewicht des Goldes keine richtigen Begriffe hat, geht aus einer Stelle im 33. Buche, Kap. 19, hervor, wo er behauptet: Gold ist vor andern Metallen weder durch sein Gewicht, noch durch seine Geschmeidigkeit (*facilitas*) ausgezeichnet, indem es *in beider Beziehung vom Blei übertroffen wird.* Hätte Plinius nur eine Ahnung vom wirklichen spec. Gewicht des Goldes gehabt, nur eine Wägung angestellt, so hätte er diese Behauptung nicht aufstellen können!

Unter so bewandten Umständen beweist obiger Ausdruck »*eadem gravitas*« *nichts* für die vorgebrachte Hy-

1) Spec. Gewicht des Platinerzes 16, ... bis 18,9, des Goldsandes 13,3 bis 18...

pothese, dafs die schwarzen Körner Platinerz seyen. Und selbst wenn wir zugeben könnten, Plinius habe das Platinerz gemeint, so würde doch der Umstand, dafs das Platinerz in keinem Ofenfeuer geschmolzen werden kann, dagegen streiten. Wie kann man aber Platin in Papier schmelzen, wie Blei damit löthen, wie kupferne Geschirre damit überziehen? Wie ist es möglich, dafs Platin, wenn es als *ἤλεκτρον* und weifses Gold — denn diese sollen gleich *κασσίτερος* und *plumbum candidum* nichts anderes als Platin seyn — zu den theuersten, seltenen, edlen Metallen gehört, für 10 Denare das Pfund zu kaufen seyn sollte, wenn Blei 7 Denare kostete? Welche Widersprüche! Und doch behauptet Schweigger, die von Höfer gegebene Erklärung der Bedeutung von weifsem Blei sey die »*einzig mögliche*«; ich erlaube mir zu behaupten, eine unmögliche! Er beschuldigt ferner die Philologen, nur ihnen sey es möglich, Worte, wie *plumbum album*, zu übersetzen, indem sie nicht darauf achten, ob alles, was von dem Dinge ausgesagt werde, zu der vorausgesetzten Natur desselben auch passe. Diese unbegründete Behauptung kann man nur zu sehr dem sehr geehrten Hrn. Verfasser selbst zurückgeben, welcher, als Naturforscher, sich hat verleiten lassen, ohne Rücksicht auf die von Plinius ausdrücklich bemerkten Eigenschaften, auf Grund einer unrichtigen Auslegung der Textworte, eine Behauptung aufzustellen, welche unbegründet genannt werden mufs.

Plinius sagt, das Kassiteros des Homer sey weifses Blei, unser Zinn. Dagegen glaubt Schweigger, es sey Platin darunter zu verstehen, denn es müsse ein sehr seltenes, theures Metall gewesen seyn, da es neben Gold zu Zierrathen verwendet wurde, so z. B. am Harnisch des Agamemnon u. s. w., auch könne es, nach Schneider, wohl schwerlich mit Zinn gleichbedeutend genommen werden, da man aus weichem Zinn nicht wohl hätte Beinschienen verfertigen können, welche gegen den Lanzenstofs schützen sollten.

Gegen diese Einwürfe habe ich folgende Einwendungen zu machen. Da das Zinn weit hergeholt wurde, sey es nun aus den oben angegebenen europäischen Ländern [1]), oder aus dem Lande der Drangen, wo, nach Strabo [2]), auch das weifse Blei gefunden wird, oder aus Indien [3]), welches, nach Diodor [4]), ebenfalls *κασσίτερος* (und Kupfer) erzeugt, so war es in den ältesten Zeiten gewifs sehr theuer. Bezahlen doch Völker, welche sich noch auf einer niederen Culturstufe befinden, Eisen mit Gold; hatten doch zur Zeit des trojanischen Kriegs nur die Helden und Könige eiserne Waffen, warum sollte nicht zu jener Zeit auch das Zinn einen viel höheren Werth haben, als später und heut zu Tage? Dafs Zinn zu weich gewesen sey, um daraus brauchbare Beinschienen zu verfertigen, bestreite ich. Man mufs sich freilich nicht feines englisches Zinn als Beispiel denken, sondern ein mit mancherlei fremden Metallen, als Eisen, Kupfer, Arsenik u. a. m., legirtes Zinn, wie es durch den höchst unvollkommnen metallurgischen Procefs der Alten, ohne alle Raffination, erhalten wurde. Ein solches Zinn ist mehr oder minder hart, kann selbst klingend seyn, so wie man ja auch klingendes Blei (Hartblei) hat. Deshalb sagt Plinius auch vom Zinn, seine Natur sey mehr trocken, die des Bleies feucht.

Schweigger behauptet ferner, das in den Schriften der Alten angeführte *ἤλεκτρον*, abgesehen von dem wirklichen Bernstein, sey nichts anderes als *Platin* gewesen.

Unter der Bezeichnung Electron kommen zwei ganz verschiedene Dinge bei den Alten vor, einmal Bernstein,

1) Wie Herodot, Buch 3, 115, Diodor von Sicilien und Strabo a. a. O. erzählen.

2) ed. Falconer, Tom. II, p. 1027.

3) Dagegen behauptet Plinius: *India neque aes neque plumbum habet.*

4) Buch 2, Kap. 36.

sodann eine Legirung von Gold und Silber, welche eine blafsgelbe Farbe [1]) besitzt. Was den Bernstein betrifft, so spricht sich Plinius [2]) darüber hinlänglich klar aus, in welcher Stelle es heifst, er werde auf Inseln des nördlichen Oceans erzeugt, es sey der erhärtete Saft eines Baumes vom Geschlecht der Nadelhölzer u. s. w. Er gedenkt auch der Eigenschaft desselben, erwärmt leichte Körper anzuziehen. Zweitens bezeichnet Electron eine Legirung von Gold und Silber. Plinius [3]) sagt vom natürlichen Golde, wenn es den fünften Theil Silber enthält, nennt man es Electron; man fertigt auch absichtlich eine solche Verbindung aus Gold und Silber. Ferner [4]): Man hat dem Golde Silber zugeschmolzen, um Electron zu fertigen. Das Electron wurde zu Gefäfsen [5]), Bildsäulen [6]), Münzen [7]) verarbeitet. Es fand sich im Sande der Flüsse, so, nach Herodot [8]) und Pausanias, im Eridanus, so im Sande der Flüsse und Sturzbäche Spaniens, nach Strabo [9]).

Schweigger behauptet nun, weil das Electron im Sande der Flüsse vorgekommen, so könne man an kein anderes Fossil, als an Platinerz denken. Fast ohne Ausnahme alles Waschgold der Flüsse, so wie des Schuttlandes enthält Silber in sich, von 5 bis 35 Proc., so in

1) Hesychius nennt das ἤλεκτρον μέταλλον χρυσίζον, d. h. ein goldähnliches (hellgelbes) Metall.

2) Buch 37, Kap. 11 bis 13.

3) Buch 33, Kap. 23.

4) Buch 9, Kap. 65. Strabo, Buch 3, S. 225, der Kramer'schen Ausgabe. ἤλεκτρον μῖγμα χρυσοῦ καὶ ἀργύρου.

5) Plinius, Buch 33 a. a. O.; ferner Trebellius Pollio *de Quieto* 14. ed. Püttmann, p. 341.

6) Pausanias, V, Kap. 12.

7) Ael. Lampridius, im Al. Severus, V. 24, p. 220, der Püttmann'schen Ausgabe, wo dieselben neben goldnen erwähnt werden.

8) Buch 3, 115, 116.

9) A. a. O. S. 224 und 225.

Südamerika, Sibirien, so in Europa, wo in früheren Zeiten viel mehr Gold in Flüssen und Gebirgen gefunden worden ist, als jetzt. Spanien war in der alten Zeit die Goldgrube Europa's. Eine Legirung von Silber mit Gold sieht, je nach der Menge des ersteren, mehr oder minder blaſs messinggelb aus. 1 Silber und 4 Gold (fast 19karätig) sieht sehr hellgelb aus, 17karätiges grün (das grüne Gold der Goldarbeiter). Platin hat eine stahlgraue Farbe, kann, hinsichts der Farbe, nie mit Bernstein verglichen werden, auch wird eine absichtlich aus viel Silber und wenig Gold gefertigte Legirung nie Platinfarbe annehmen. Endlich sind die noch vorhandenen Münzen aus Electron, wirklich aus Gold und Silber bestehend, nicht von Platin, denn Platinerz ist nicht auf dem bloſsen Wege der Schmelzung bearbeitbar.

Das *weiſse Gold* der Alten soll endlich, nach Schweigger's Vermuthung, auch *Platin* gewesen seyn. Er führt eine Stelle aus Herodot [1]) an, nach welcher Krösus dem Orakel zu Delphi Platten von geläutertem und von weiſsem Golde geschenkt habe, von denen, bei gleicher Gröſse (sie waren 6 Palästen [2]) lang, 3 breit, 1 hoch), die ersteren $1\frac{1}{2}$, die letzteren 2 Talente wogen. Hieraus zieht er den Schluſs: daſs, da die Platten von weiſsem Golde mehr wogen, als die von reinem Golde, erstere von Platin gewesen seyn müssen, dessen spec. Gewicht zu dem des Goldes ungefähr wie 20 : 15, d. i. $= 2 : 1\frac{1}{2}$ stehe.

Das weiſse Gold der Alten ist aber nichts anderes gewesen, als was man seit Jahrtausenden bis heute so nennt, nämlich eine Legirung von Gold mit viel Silber.

1) Buch 1, 51.

2) Eine Paläste ist gleich der Breite von 4 Fingern, oder $\frac{1}{4}$ griechischen Fuſs. Dieser ist $= 136{,}66$ Par. Linien, oder 141,44 preuſs. Lin., oder 0,982 preuſs. Fuſs. Ein attisches Talent ist $= 493200$ Par. Grän, oder 26,196 Kilogramme, oder 56,00726 preuſs. Pfund. Boeckh.

14karätiges, mit Silber legirtes Gold (14 Theile Gold und 10 Theile Silber) sieht ganz weifs aus. Strabo[1]) nennt das weifse Gold silberhaltend, und giebt Galicien, das Land der Artabrer, als Fundort an. Auch in neuerer Zeit hat man analoge Legirungen gefunden, so z. B. in Norwegen zu Kongsberg, welche 28 Gold und 72 Silber enthielt (ungefähr 7 karätig). Allein alle Legirungen von Gold und Silber haben ein geringeres spec. Gewicht als reines Gold; wie ist es daher möglich, dafs die Platten von weifsem Golde mehr wiegen konnten?

Um diesen Widerspruch aufzuheben, vermuthete ein bekannter Philolog, Matthiae, es müsse an jener Stelle des Herodot statt $1\frac{1}{2}$ für Gold, $2\frac{1}{2}$ Talente gelesen werden, dann wäre ein der Sache entsprechendes Verhältnifs hergestellt, Gold gegen weifses Gold $= 2\frac{1}{2} : 2 = 5 : 4$. Schweighäuser änderte danach die Worte des Textes. Dagegen opponirt nun Schweigger, und behauptet: Platin sey gemeint, die Correction des Textes sey unbegründet.

Ueber diesen Gegenstand erlaube ich mir meine Meinung auszusprechen. Zuvörderst sey mir gestattet, auf das vorstehend Besprochene, in Betreff des Platins, Bezug nehmen zu dürfen, dafs nämlich durch nichts bewiesen ist, dafs die Alten Platin kannten, und dafs *κασσίτερος* und *plumbum album*, auch *ἤλεκτρον* nicht Platin bedeutet haben. Sodann bemerke ich, dafs, wären alle diese Ausdrücke, so wie *χρυσὸς λευκός*, gleichbedeutend, die Alten dieselben wohl nicht neben einander gebraucht haben würden. Strabo[2]) sagt: bei den Artabrern kommt Silber, *Kassiteros und weifses Gold* vor. Deutet diefs nicht eine Verschiedenheit an? Ferner wie kann, selbst zugegeben, dafs die Alten das Platinerz gekannt hätten, das spec. Gewicht des geschmolzenen Metalles

1) Buch 3, Vol. 1, S. 227, sagt: *χρυσίον λευκὸν ἀργυρομιγές ἐστι.*

2) A. a. O. S. 227.

zu 20 angenommen werden? Will man denn im Ernst glauben machen, sie hätten das Platinerz durch Königswasser gelöst, niedergeschlagen, Platinschwamm dargestellt, und aus diesem das Metall durch's Zusammenschweifsen gewonnen? Ferner, welche Massen Platin müfste Krösus gehabt haben, um 113 Stück Platten, 2 Talente an Gewicht, zu schenken? Ueber 114 Centner. Nun gewinnt man in Amerika jährlich etwa $8\frac{1}{2}$, in Sibirien an 40 Centner Platinerz, wie grofs müfste im Alterthum die Platingewinnung gewesen seyn?

Ich habe mir die Mühe gegeben, nach Herodot's Angaben, und mit Zugrundelegung der Reduction der Maafse und Gewichte auf unsere Verhältnisse, eine Berechnung anzulegen, welche das Resultat ergeben hat, dafs entweder die Werthbestimmungen von Palästa und Talent unrichtig sind, oder im Herodot Fehler in den Zahlenwerthen sich eingeschlichen haben.

Beträgt eine Paläste 2 Zoll 11,36 Linien preufs. (oder rheinl.), so betrug das Volum der Platten: $6 \times 2'' \, 11''',36$ lang, $3 \times 2'' \, 11''',36$ breit und $1 \times 2'' \, 11''',36$ hoch $= 460,54$ Kubikzoll. Setzen wir nun das spec. Gewicht des Goldes nur zu 18,0, so müfste eine goldne Platte obiger Gröfse wiegen: $460,54 \times 18 \times 1\frac{2}{3}$ Loth [1]), d. i. 316,834 preufs. Pfunde, $=5,6595$ Talente, oder nahe $5\frac{2}{3}$ Talente.

Wird das spec. Gewicht des Goldes zu 19 angesetzt — Herodot sagt ausdrücklich, das Gold sey ἀπέφθος gewesen, das heifst geläutert — so kommen 334,541 preufs. Pfund, oder nahe 6 Talente (5 Talente und $\frac{54,459}{56}$) heraus. Herodot giebt nur $1\frac{1}{2}$ an. Die angestellte Berechnung liefert also ein fast 4 Mal gröfseres Resultat, als bei der Lesart $1\frac{1}{2}$, und ein mehr denn zweifach gröfseres Resultat, wenn Matthiae's Correctur angenommen wird, $2\frac{1}{2}$ statt $1\frac{1}{2}$ Talente.

Dürfte man den Text so abändern, wie Schweig-

1) Ein Kubikzoll destillirtes Wasser wiegt bei 15° R. $1\frac{2}{3}$ Loth.

häuser gethan hat, welche Legirung von Gold und Silber hätten die aus weifsem Gold gefertigten Platten haben müssen, um, nach Herodot, 2 Talente zu wiegen? Nach unserer Berechnung $2\frac{1}{2} : 2 = 334{,}541 : x$, also $= 267{,}63$ preufs. Pfunde, oder 4,779 Talente, wenn das spec. Gewicht des Goldes zu 19 angenommen wird; wird es 18 angenommen, so beträgt das Gewicht nur 253,547 preufs. Pfunde, oder 4,527 Talente, oder nahe 4,5 Talente. Welche Legirung von Gold und Silber dürfte diefs aber dann wohl gewesen seyn? Angenommen das spec. Gewicht des Goldes sey nur 18, und das des Silbers 10, so hätte die Legirung eine spec. Dichtigkeit von 14,4 haben müssen, welches einem 15karätigen Golde ungefähr entspricht. Eine solche Legirung ist nicht mehr weifs, sondern schon etwas *grünlich*-weifs. ($460{,}54 \times 14{,}4 \times 1\frac{2}{9}$ Loth $= 253{,}297$ preufs. Pfund $= 4{,}523$ Talent). Wäre ganz feines Gold und feines Silber zur Legirung verwendet worden, so würde dieselbe mindestens 16karätig gewesen und dann grün gefärbt seyn. Dieser Umstand macht die Vermuthung von Matthiae etwas unwahrscheinlich.

Dürfte noch ein Vorschlag gemacht werden, so könnte es wohl folgender seyn: man lasse die Gewichtsbestimmung für die goldnen Platten $1\frac{1}{2}$ Talent, *τρία ἡμιτάλαντα*, unverändert, und setze für die von weifsem Golde, statt *διτάλαντα*, *τάλαντον*; dann wäre das Verhältnifs $= 1\frac{1}{2} : 1$, oder $= 3 : 2$, und das spec. Gewicht der Legirung würde 12,01 seyn müssen, welches einer Mischung von etwa 28 Proc. Gold und 72 Proc. Silber entspricht, oder einem ungefähr 9karätigen Golde (unter Annahme der oben zu Grunde gelegten Voraussetzungen); bei völlig feinen Bestandtheilen würde eine Legirung von 12,0 spec. Gewicht etwa 10karätig seyn. In beiden Fällen würde die Farbe der Legirung entschieden *weifs* seyn. Das Gewicht würde 3,773 Talente betragen. Es verhält sich dann, unter diesen Voraussetzungen, das Gewicht der goldnen zu

latten aus weifsem Golde =5,66 : 3,77, d. i. nahe wie $1\frac{1}{2}$: 1.

s scheint mir daher, aus technischen Gründen, die Wahrscheinlichkeit für die letzte Vermuthung, deürdigung in Beziehung auf philologische Zulässign den Männern vom Fach überlasse.

viel geht aber wohl aus Vorstehendem hervor: in zureichender Grund vorhanden ist, den Alten nntnifs des Platins zuzuschreiben, und dafs *plumndidum*, *κασσίτερος*, *ἤλεκτρον* und *χρυσὸς λευκός* nonyme Benennungen für ein und dasselbe Meesen sind.

---

eber die Schwingungsbewegungen, welche 'ektrische Strom in Körpern hervorruft; von Hrn. A. de la Rive.

(*end.* vom 28. Apr. d. J., *T. XX*, *p.* 1287. Ein Brief an Hrn. Arago.)

März 1844, also vor länger als einem Jahr, in einer Sitzung unserer physikalisch-naturhi- Gesellschaft gezeigt, dafs ein Stück weiches nnern eines Schraubendrahts einen sehr deut- giebt, wenn man es, mittelst Durchleitung ntinuirlichen elektrischen Stroms durch den essive magnetisirt und demagnetisirt. Dieser ls einem Jahre öffentlich angestellte Versuch, auch Hrn. Becquerel bei seiner letzten durch Genf zeigte, ist von Hrn. Marrian am gleichfalls gemacht, wie aus den Berich- er Journale und aus dem *L'Institut* vom 8. eht [1]). In der Sitzung vom 15. Jan. d. J.

[1]) ... d. 63, S. 530. — Ich verstehe den Zweck dieser Ver-

unserer Gesellschaft theilte ich gleichfalls einige Versuche mit, aus denen hervorgeht, dafs der Durchgang eines discontinuirlichen Stroms durch einen Draht oder Stab von Eisen in diesem ebenfalls sehr stark tönende Vibrationen erzeugt. Ich fügte hinzu, dafs dieselbe Erscheinung, obwohl in geringerem Grade, von dem Durchgange eines discontinuirlichen Stroms durch alle anderen Metalle hervorgebracht werde. Nun finde ich in dem Aprilheft des *Electrical Magazine*, welches mir gestern zugekommen ist, dafs Hr. Beatson, zu Rotheram, eine analoge Thatsache beobachtet hat; allein er begnügt sich mit einer blofsen Erwähnung derselben, ohne irgend Detail anzugeben. Ich habe in einer Abhandlung, die gegenwärtig im Druck ist, alle hier angeführte Thatsachen vereinigt, so wie noch andere hinsichtlich der Magnetisirung des weichen Eisens. Einstweilen übersende ich Ihnen diese Zeilen, die Sie hoffentlich mit Ihrer gewohnten Güte aufnehmen werden.

Auf einem Resonanzboden (*table d'harmonie*) brachte ich Drähte und Stäbe an, verschieden an Metall, an Länge und Durchmesser; die Einrichtung des Apparats erlaubte die Drähte mehr oder weniger zu spannen, wie auf einem Monochord. Jeder Stab oder Draht war so angeordnet, dafs er durch die Axe einer Spule gehen konnte, die von einem dicken, mit Seide besponnenen Kupferdraht schraubenförmig umgeben war. Den mittelst eines Commutators discontinuirlich gemachten Strom liefs ich bald durch den zum Versuch genommenen Metalldraht selber gehen, bald durch den ihn umgebenden Schraubendraht. Folgendes waren die Resultate.

Bei eisernen Drähten und Stäben (*tiges*) ist der Ton fast derselbe, es mag der discontinuirliche Strom gera-

wahrung nicht recht, da es doch allgemein bekannt ist, dafs der Dr. Page, zu Salem in den Vereinigten Staaten, die erste Beobachtung dieser Art bereits im J. 1837 gemacht hat. Vergl. *Biblioth. universelle* (1837), *T. XI, p.* 398, und Ann., Bd. 43, S. 411. *P.*

dezu durch sie hingehen, oder sie abwechselnd magnetisiren und demagnetisiren, indem man ihn durch den Schraubendraht leitet [1]). Diese Thatsache scheint zu beweisen, dafs die bei der Magnetisirung stattfindende Anordnung (*l'arrangement ou le dérangement*) der Molecule dieselbe ist, welche beim Durchgang des elektrischen Stroms durch Eisen erfolgt. Diese Analogie scheint mir für die Theorie des Magnetismus nicht unwichtig zu seyn. Was den Ton betrifft, so kann ich keine bessere Idee von ihm geben, als wenn ich ihm mit dem eines Savart'schen gezahnten Rades vergleiche. Es ist mehr ein Geräusch, hervorgehend aus dem Stofs der Metalltheilchen gegen einander, als ein musikalischer Ton. Freilich hört man auch musikalische Töne, nämlich die harmonischen von demjenigen, welchen der Stab oder Draht durch Querschwingungen geben würde; aber diese entspringen aus Schwingungsbewegungen, welche das Metall erleidet, und sind kein directer Effect des elektrischen Einflusses, welchem dasselbe ausgesetzt ist. Man kann sie verschwinden machen, wenn man den schwingenden Körper mit der Hand anfafst, ohne dafs dadurch das eigentliche Geräusch aufhört.

Wenn der Eisendraht *angelassen* ist, giebt er, wenn er den elektrischen Strom leitet, einen weit stärkeren Ton, als wenn er durch Wirkung des Schraubendrahts abwechselnd magnetisirt und demagnetisirt wird. Das Umgekehrte findet bei einem *gehärteten* Draht statt. Ein *Stahldraht* dagegen giebt, den Strom leitend, nur einen sehr schwachen Strom, und unter Einflufs des durch den Schraubendraht gehenden Stroms einen weit stärkeren. Der Ton, welchen ein wohl angelassener Eisendraht bei Leitung des Stroms giebt, ist ein sehr starker, der viel

1) Das Ertönen des Eisens, sowohl bei Durchleitung des Stroms durch eine dünne Stange, als auch bei Magnetisirung eines röhrenförmig gekrümmten Blechstücks innerhalb des schraubenförmigen Schliefsdrahts der Batterie, ist hier vollkommen geglückt. Der Ton bestand aus einem anhaltenden Knistern synchron mit dem Spiel des Inversors. *P.*

Aehnlichkeit hat mit dem Ton einer Thurmglocke von weitem. Vielleicht könnte man ihn mit Vortheil bei elektrischen Telegraphen benutzen.

Die Art des Tons ist verschieden nach der Geschwindigkeit, mit welcher die discontinuirlichen Ströme einander folgen. Ist diese Folge sehr rasch, so ähnelt der Ton sehr dem Geräusch eines stark wehenden Windes. Das gilt sowohl von dem nach der einen als nach der andern Art hervorgebrachten Ton.

Derselben doppelten Wirkung habe ich ausgesetzt: *Platin-*, *Silber-*, *Kupfer-*, *Messing-*, *Argentan-*, *Blei-*, *Zinn-* und *Zinkdrähte.* Alle geben wahrnehmbare, mehr oder weniger intensive Töne, sie mochten den Strom leiten oder der äufseren Wirkung des schraubenförmigen Stroms ausgesetzt seyn. Bei jedem Metall war zwischen dem nach der einen und der anderen Weise erzeugten Ton kein merklicher Unterschied.

Merkwürdig ist, dafs Kupfer, Messing, Platin und Argentan nur einigermafsen intensive Töne geben, so lange sie keiner merklichen Spannung ausgesetzt sind. So wie man sie ein wenig spannt, nimmt die Intensität des Tones ab, und bei starker Spannung wird sie fast Null. Genau das Umgekehrte gilt vom Blei, Zink und Zinn.

Die Länge des Drahts hat keinen Einflufs auf die Art des Tons; sie hat nur einen auf die Intensität desselben in sofern, als, bei schwächerem Strom, eine geringere Drahtlänge erforderlich ist, wenn der Ton merklich seyn soll, wenigstens wenn es sich um den Ton handelt, den der Draht bei Leitung des Stroms giebt.

Der Ton, welchen verschiedene Metalle geben, wenn sie einen discontinuirlichen elektrischen Strom leiten, scheint herzurühren von periodischen Verschiebungen der Molecule, welche eine Art Reibung derselben an einander bewirken. Zur Hervorbringung dieser Vibrationen, die übrigens eben sowohl sichtbar als fühlbar sind, bedarf es elektrischer Ströme von grofser Intensität; allein es

ist nicht nöthig, dafs sie von Säulen von hoher Spannung herkommen. Eine Grove'sche Batterie von fünf grofsen Elementen reichte mir in den meisten Fällen aus. Die schlechtest leitenden Metalle schienen mir die ausgeprägtesten Wirkungen zu geben. Nach dem *Eisen*, das alle übrigen weit übertrifft, kommt das *Plàtin*.

Damit die Wirkung deutlich sey, mufs der Strom in dem metallischen Leiter, welchen er in Schwingungen versetzen soll, einen gröfseren Widerstand antreffen, als in dem übrigen Theil der Kette. Daraus erhellt, dafs die eben beschriebenen Erscheinungen unter allen Wirkungen des Stroms am meisten mit den Wärmeerscheinungen in Beziehung stehen. Könnte es nicht seyn, dafs überhaupt der Durchgang des elektrischen Stroms durch leitende Körper eine Schwingungsbewegung wäre, und dafs diese Molecularbewegungen sich, je nach den Umständen, zur Wärmeerregung, zu chemischen Zersetzungen und zu physiologischen Effecten Anlafs gäben?

Vor mehren Jahren habe ich eine Erscheinung besprochen, die mit der Erzeugung von Schwingungen im innigen Zusammenhang steht. Ich meine die Auflockerung (*désagrégation*) und Fortführung von Theilchen zwischen Kohlen- oder Metallspitzen, zwischen denen der elektrische Strom in Form eines Lichtbogens übergeht. Vor zwei Jahren hatte ich die Ehre, die Academie mit den hierbei zu beobachtenden Vibrationseffecten zu unterhalten, und namentlich Hrn. Regnault den Versuch zu zeigen, bei welchem man den aus diesen Schwingungen entstehenden Ton vernimmt. Ich bemerke auch noch, dafs die von Hrn. Peltier angegebene Thatsache, welche ich ebenfalls zu beobachten Gelegenheit hatte, nämlich dafs Metalldrähte, die oft zur Leitung elektrischer Ströme gedient haben, spröde und brüchig werden, ihre Erklärung in solchen von dem Strom erzeugten Schwingungen findet.

Eine recht merkwürdige Art von Schwingung erhält man, wenn man den discontinuirlichen Strom durch einen mit Seide besponnenen Kupferdraht gehen läfst, der um eine Spule oder einen Glasbecher schraubenförmig aufgewickelt ist. Der Ton ist dann von viel sanfterem, weniger metallischem Klange, und zugleich weit tiefer als der, welcher durch Einflufs des Stroms auf einen gleich dicken, in die Schraube gelegten Draht hervorgebracht wird.

Die Schwingungsbewegung, die aus successiver Magnetisirung und Entmagnetisirung des weichen Eisens entsteht, kann unter sehr mannigfaltigen Formen auftreten. Als einen der sonderbarsten Fälle erwähne ich nur den, wo man in das Innere einer Spule oder eines Glases, das schraubenförmig mit einem Metalldraht umwickelt ist, sehr kleine Scheiben von sehr dünnem Eisenblech oder sehr feines Eisenfeilicht bringt. Wenn dann der continuirliche Strom den Schraubendraht durchläuft, sieht man die Scheibchen sich bewegen und in der merkwürdigsten Weise um einander drehen. Das Feilsel scheint vollkommen im Kochen zu seyn, und ist der Strom intensiv, so sprützt es, wie Wasser, in Strahlen von 3 bis 4 Centimeter Höhe auf; zugleich ist diese Bewegung des Feilsels von einem Geräusch, ähnlich dem einer siedenden Flüssigkeit, begleitet.

In meiner Abhandlung habe ich mehre andere, die Magnetisirung des weichen Eisens betreffende Thatsachen angegeben, die mir mit den herkömmlichen Ansichten schwer vereinbar erscheinen. Ich will Sie indefs mit deren Auseinandersetzung verschonen und nur eine einzige hervorheben, nämlich die, dafs ein sehr dünnes Blechscheibchen, selbst in einem Abstand von weniger als einem Millimeter, nicht durch die Pole (*par l'arc quelconque des pôles*) eines starken Elektromagneten von weichem Eisen angezogen wird, sobald der Durchmesser des Elektromagneten merklich gröfser ist als der des Scheib-

chens, und sobald dieses so gestellt ist, dafs seine Mitte in Richtung der Axe des Elektromagneten liegt.

XI. *Ueber die magnetischen Relationen und Charaktere der Metalle; von Hrn. M. Faraday.*

(*Philosoph. Magazine, Ser. III, Vol. XXVII, p.* 1.)

In zwei früheren Mittheilungen, betreffend die magnetischen Charaktere der Metalle überhaupt und die Temperaturen, bei welchen sie respective das Vermögen zur magnetischen Induction verlieren oder gewinnen [1]), habe ich gesagt, dafs Eisen und Nickel allein unter allen Metallen dieses Vermögen besitzen, und ich es nicht an reinem Kobalt finden könne. Diefs war ein Irrthum. Kobalt hat diese Eigenschaft mit dem Eisen und Nickel gemein, wie schon Andere gesagt haben [2]). Ich habe nach dem Stück Kobalt gesucht, mit dem ich damals experimentirte und das ich für rein hielt, habe es aber nicht zu finden vermocht, und kann also nicht die Ursache meines Irrthums angeben, obgleich es nicht zu spät ist, ihn zu berichtigen.

Durch die Güte des Dr. Percy und Hrn. Askin habe ich neulich mit zwei schönen, wohlgeflossenen Stükken reinen Kobalts, die der Letztere bereitet hatte, experimentiren gekonnt. Diefs Metall wird durch Induction stark magnetisch, sowohl durch einen Magnet, als durch einen elektrischen Strom, und kann leicht dahin gebracht werden, mehr als sein eigenes Gewicht zu tragen. Gleich

1) Vergl. Ann. Bd. 37, S. 423, und Bd. 47, S. 218.

2) Diefs hatte sich auch hier vor einigen Jahren an einem von Hrn. Prof. Wöhler dargestellten Regulus von chemisch reinem Kobalt vollkommen bewährt. *P.*

dem Nickel und weichen Eisen behält es seinen Magnetismus nicht, wenn der inducirende Einfluſs entfernt wird.

Es war für mich von groſsem Interesse zu ermitteln, bei welcher Temperatur das Kobalt sein Vermögen verlieren und ein unmagnetisches Metall werden würde. Zu meinem Erstaunen fand ich diese sehr hoch, nicht allein weit höher als beim Nickel, sondern auch weit höher als die für Eisen und Stahl erforderliche, nahe den Schmelzpunkt des Kupfers erreichend. Die für Eisen ist eine mäſsige Rothgluth, und die für Nickel nur der Siedpunkt des Oels. So wie die Temperatur steigt, erhält sich die magnetische Kraft des Kobalts anscheinend ungeschwächt, bis zu einem gewissen Hitzegrad, wo sie plötzlich verschwindet, und beim Erkalten von höheren Temperaturen kommt sie eben so plötzlich wieder zum Vorschein.

Kobaltoxyd, erhalten durch Verbrennen des Metalls auf Kohle mittelst eines Stroms Sauerstoff, war zu einer Kugel geflossen und nicht magnetisch.

Nickeloxyd, heiſs und kalt, ist nicht magnetisch; doch muſs man sich beim Erhitzen in Acht nehmen, daſs es nicht reducirt werde. Wenn es in einer Weingeistflamme erhitzt wird, besonders in deren unterem Theil, erweist es sich oft nicht magnetisch, und wird, so wie die Temperatur sinkt, magnetisch. Allein dieſs entspringt aus der Reduction von ein wenig Oxyd an den Rändern oder sonst wo in der Masse, und ist eine Eigenschaft des *Metalls* bei Temperaturen über oder unter dem magnetischen Punkt.

Mangan. — Ein von Hrn. Thomson dargestelltes und für rein gehaltenes Stück Mangan wurde mir eingehändigt. Es enthielt eine Spur von Eisen und war sehr schwach magnetisch, wahrscheinlich nur in Folge des kleinen Eisengehalts. Vor einem Strom Sauerstoff auf Kohle verbrannte es funkensprühend einigermaſsen wie Eisen, und gab ein Oxyd, das entweder als poröse weiſse Masse oder als compacte, dichte, braune, in kleinen Split-

tern durchscheinende Masse erhalten werden konnte; in keinem Zustande war es aber magnetisch.

Ich erkältete nun Mangan, Chrom nebst vielen anderen Metallen und Körpern bis zur niedrigsten Temperatur, die ich durch eine in's *Vacuum* gebrachte Mischung von Aether und starrer Kohlensäure hervorbringen konnte [1]). Die Temperatur betrug nicht weniger als —156° F.; allein nicht eine dieser Substanzen nahm den magnetischen Zustand an. Folgendes ist die Liste dieser Substanzen:

Platin	Antimon	Schwefelsilber
Gold	Arsen	Schwefelzinn
Silber	Wismuth	Spatheisenstein
Palladium	Rose's Metall	Berlinerblau
Kupfer	Spiegelmetall	Eisenvitriol
Zinn	Graphit	Calomel
Blei	Gasretortenkohle	Chlorsilber
Kadmium	Kish	Chlorblei
Zink	Orgiment	Arsenoxyd
Rhodium	Realgar	Antimonoxyd
Mangan	Schwefelantimon	Bleioxyd
Chrom	Schwefelwismuth	Wismuthoxyd
Titan	Schwefelkupfer	Zinnstein
Iridium	Schwefeleisen	Braunstein.
Osmium	Schwefelblei	

So erhellt denn, dafs unter den Metallen nur Eisen, Nickel und Kobalt magnetisch sind oder magnetisch gemacht werden können; allein das Hinzutreten des Kobalts (zum Eisen und Nickel), und noch mehr die hohe Temperatur, die zur Fortnahme der Magnetisirbarkeit desselben erforderlich ist, erhöht die Wahrscheinlichkeit [2]), dafs es nur ein Temperatur-Unterschied sey, welcher diese Metalle von den übrigen unterscheidet, gleichwie er sie in ähnlicher Beziehung von einander sondert.

1) *Phil. Transact.;* 1845, *p.* 157, 158. — (Vergl. Ann. Bd. 64, S. 467.)

1) *Phil. Magaz.,* 1836, *Vol. VIII, p.* 177. (Ann. Bd. 37, S. 423.)

Im Zusammenhang mit der Wirkung der Hitze mag bemerkt seyn (was vielleicht schon bemerkt worden ist), dafs, bei Voraussetzung einer hohen Temperatur im Innern der Erde, offenbar schon in sehr mäfsiger Tiefe unterhalb der Oberfläche die Substanzen des Erdkörpers von solchem Magnetismus, wie ihn ein Magnet besitzt, entblöfst seyn müssen, und in einer etwas gröfseren Tiefe keine von ihnen nicht einmal wie weiches Eisen durch Induction magnetisch zu werden vermag. In solchem Fall kann die Erde, sie mag nun gleich einem Magneteisenstein für sich magnetisch seyn oder unter dem Einflufs äufserer magnetischer Massen, wie die Sonne, durch Induction magnetisch werden, ihre Magnetkraft nur in ihrer Kruste entwickeln. Nimmt man dagegen mit Ampère an, der Magnetismus der Erde entspringe aus elektrischen Strömen, die sie parallel mit dem Aequator umkreisen, so werden die obigen Bemerkungen in Betreff der Wärmewirkungen nicht mehr anwendbar seyn.

XII. *Veränderungen an metallischen Stromleitern.*

Hr. Peltier will beobachtet haben, dafs lange Schliefsdrähte einer galvanischen Kette, die in der Luft horizontal ausgespannt waren, und geraume Zeit den Einflüssen der Jahreszeiten, der Witterung und des elektrischen Stroms ausgesetzt blieben, spröde und brüchig wurden. Kupferdrähte mufste er aus diesem Grunde nach zwei Jahren erneuen, versilberte Drähte hatten nicht besseren Bestand, und Messingdrähte zerrissen schon nach sechs Monaten. Gegen äufsere Einflüsse geschützt, hielten die Drähte sich länger geschmeidig, wurden aber doch auf die Länge durch den anhaltenden Strom brüchig. (*Compt. rend.*, *T. XX*, *p.* 62.)

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin.

Taf. III.

1.

Null.

a

b

c

2.

Literarischer Anzeiger.
1845. № III.

Dieser literarische Anzeiger wird den Annalen der Physik und Chemie, herausgegeben von *J. C. Poggendorff*, und dem Journal für praktische Chemie, herausgegeben von *O. L. Erdmann* und *R. F. Marchand* beigeheftet. — Die Insertionskosten betragen für die Zeile aus Petite, oder deren Platz 1¼ Ngr.

In der C. H. Beck'schen Buchhandlung in Nördlingen ist erschienen und durch alle Buchhandlungen zu beziehen:

Feichtinger, A., Katechismus der Stöchiometrie. Für Pharmaceuten, studirende Mediziner, Chemiker und Techniker. Größtes Lexikon-Format. (104 S.) 1844. in sauberem Umschlag brosch. Preis 17½ Ngr. oder 1 Fl.

Diese in allen Fachjournalen für Chemie und Pharmacie als ein treffliches Lehrmittel anerkannte, beachtenswerthe Schrift erlauben wir uns in empfehlende Erinnerung zu bringen.

Von **Grosallmeroder Schmelztigeln, Apothekerbüchsen** u. allen in dies Fach einschlagenden Gegenständen unterhalte ich stets ein vollständiges Lager in durchaus fehlerfreier Waare und werden selbst die bedeutensten Aufträge schleunigst zu Fabrikpreisen ausgeführt. Bedingungen und Preis-Courante stehen auf portofreies Verlangen zu Diensten.

Grosallmeróde in Kurhessen im Mai 1845.

Gottlieb Wagner.

In der Verlags-Buchhandlung von Ch. Th. Groos in Karlsruhe erschien so eben und ist durch alle Buchhandlungen zu erhalten:

Physiologie des Athmens,

mit besonderer Rücksicht auf die Ausscheidung der Kohlensäure.

Nach eigenen Beobachtungen und Versuchen

von

Karl Vierordt, Med. Dr.

Mit 1 Steindrucktafel.

gr. 8. geheftet. Preis 2 Fl. 42 Kr. oder 1⅔ Thlr.

Literarischer Anzeiger.

1845. № IV.

Dieser literarische Anzeiger wird den Annalen der Physik und Chemie, herausgegeben von *J. C. Poggendorff*, und dem Journal für praktische Chemie, herausgegeben von *O. L. Erdmann* und *R. F. Marchand* beigeheftet. — Die Insertionskosten betragen für die Zeile aus Petite, oder deren Platz $1^1/_4$ Ngr.

der Physik, welche in ihrem Schooße weltumgestaltende Erfindungen und Verbesserungen tragen; der Freund der Naturwissenschaften und der Naturforscher werden zu freudigem Staunen durch diese Schrift hingerissen werden über Beweise, welche die brillantesten Lehren der jetzigen Naturlehre als nichtig darthun und über die Art und Weise, wie der Verfasser — der sowol in literarischer Beziehung, wie auch auf naturwissenschaftlichem Gebiete durch viele neue Erfindungen rühmlichst bekannt ist — eine geistige, fruchtbringende und erbauende Betreibung der Naturwissenschaften vorschlägt. In der freisinnigsten und nobelsten Weise, aber auch derb und geißelnd, wo es die Aufdeckung der Lüge betrifft, werden sowol die Lehren der Physik als auch die Interessen der Gegenwart besprochen. Die Schrift ist nicht bloß dem Eingeweihten verständlich, sondern recht eigentlich für jeden Gebildeten geschrieben.

Hamburg. **Verlags-Comptoir.**

Im Verlage der Unterzeichneten ist erschienen und durch alle Buchhandlungen zu beziehen:

Lehrbuch der Chemie. Zum Theil auf Grundlage von Dr. Thomas Graham's „Elements of Chemistry" bearbeitet vom Prof. Dr. Fr. Jul. Otto. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. gr. 8. 3 Bde. Fein Velinpap. geh. Preis à Lfrg. 12 Ggr.

Die neue Auflage des Graham-Otto'schen Lehrbuches der Chemie wird, wie die erste, in Doppellieferungen von 12 Bogen erscheinen. Ausgegeben sind Bd. I. Lfrg. 1—5, Bd. II. Lfrg. 1—4 und Bd. III. Lfrg. 1 und 2. Der Prospectus ist durch jede Buchhandlung zu beziehen.

Braunschweig, im Mai 1845.

Friedrich Vieweg und Sohn.

In der Arnoldischen Buchhandlung in Dresden und Leipzig ist soeben erschienen:

J. J. Berzelius,

Lehrbuch der Chemie.

Fünfte, vermehrte, verbesserte und umgearbeitete Auflage.

Erster und zweiter Band

mit 19 eingedruckten Holzschnitten und 3 Kupfertafeln.

gr. 8. broch. 9 Thlr.

Um den Besitzern der ersten 5 Bände der vierten Auflage von

Berzelius

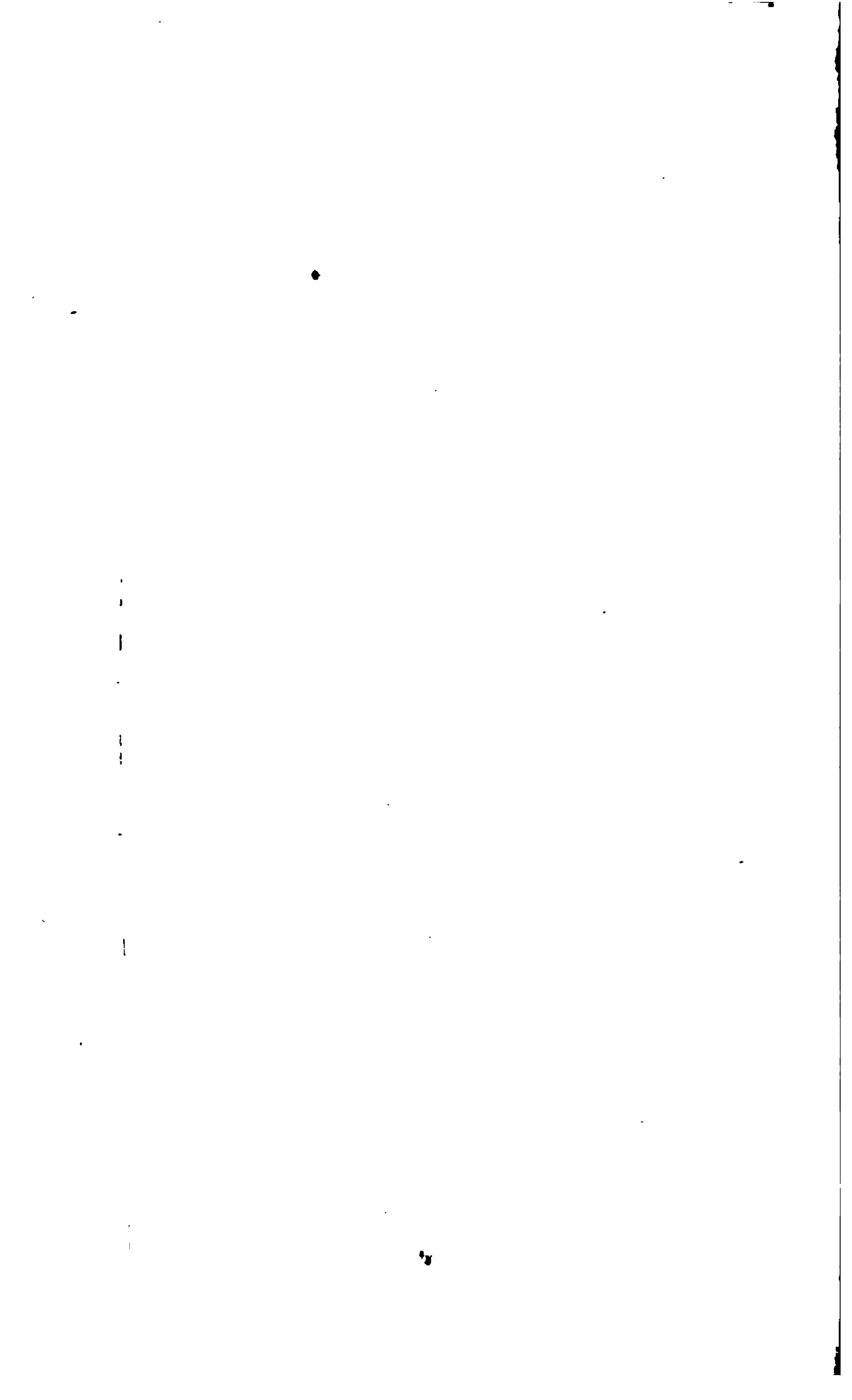
Lehrbuch der Chemie

die Anschaffung der letzten 5 Bände zu erleichtern, haben wir uns entschlossen, sie bis zu Ende dieses Jahres zu folgenden ermäßigten Preisen abzulassen:

Band VI statt $3\frac{1}{3}$ Thlr. für $2\frac{1}{4}$ Thlr. Band VII statt $3\frac{1}{2}$ Thlr. für $2\frac{1}{3}$ Thlr. Bd. VIII statt 4 Thlr. für $2\frac{2}{3}$ Thlr. Bd. IX statt $4\frac{2}{3}$ Thlr. für $3\frac{1}{6}$ Thlr. Bd. X statt $3\frac{2}{3}$ Thlr. für $2\frac{1}{2}$ Thlr.

Alle Buchhandlungen sind in den Stand gesetzt, die angegebenen Preise festzuhalten.





Literarischer Anzeiger.
1845. № III.

Dieser literarische Anzeiger wird den Annalen der Physik und Chemie, herausgegeben von *J. C. Poggendorff*, und dem Journal für praktische Chemie, herausgegeben von *O. L. Erdmann* und *R. F. Marchand* beigeheftet. — Die Insertionskosten betragen für die Zeile aus Petite, oder deren Platz $1\frac{1}{4}$ Ngr.

Literarischer Anzeiger.

1845. № IV.

Dieser literarische Anzeiger wird den Annalen der Physik und Chemie, herausgegeben von *J. C. Poggendorff*, und dem Journal für praktische Chemie, herausgegeben von *O. L. Erdmann* und *R. F. Marchand* beigeheftet. — Die Insertionskosten betragen für die Zeile aus Petite, oder deren Platz $1^1/_4$ Ngr.

Bade-Literatur.

Durch alle Buchhandlungen ist zu erhalten:

Der Kreuz- und Ferdinandsbrunnen in Marienbad.

Von neuem chemisch untersucht

von

C. M. Kersten.

gr. 8. Geheftet 15 Neugr.

Bei Ed. Anton in Halle ist erschienen:

Wolff, C. Th., Quellen-Literatur der theoretisch-organischen Chemie, oder Verzeichniß der vom Anfang des letzten Viertheils des vor. Jahrh. bis zum Schluß des J. 1844 ausgef. chem. Untersuch. über die Eigensch. u. die Constitution der organ. Substanzen, ihrer Verbind. u. Zersetzungsprodukte. Mit steter Berücksicht. der Litteratur der Chemie in ihrer Anwend. auf Agricultur, Physiologie u. Pathologie; aus den wichtigern deutschen u. franz. Zeitschr. der Chemie u. Pharmacie gesammelt, in system. Ordnung zusammengest. u. mit ausführl. Sach- u. Namenregistern versehn. gr. 8. geh. 2 Thlr.

Interessante Neuigkeit!!

In unterzeichnetem Verlage ist so eben erschienen und in allen Buchhandlungen zu haben:

Die Reform der Naturwissenschaften.

Erstes Heft:

Allgemeine Kritik der Naturlehre.

Von **Moloff**, Lehrer der Naturwissenschaften.

Preis: broschirt 15 Ngr.

Hierdurch machen wir auf eine der bedeutendsten Erscheinungen der gegenwärtigen wissenschaftlichen ie publicistischen Literatur aufmerksam. Der Leser wird überrascht durch die hier gegebenen neuen Lehren

der Physik, welche in ihrem Schooße weltumgestaltende Erfindungen und Verbesserungen tragen; der Freund der Naturwissenschaften und der Naturforscher werden zu freudigem Staunen durch diese Schrift hingerissen werden über Beweise, welche die brillantesten Lehren der jetzigen Naturlehre als nichtig darthun und über die Art und Weise, wie der Verfasser — der sowol in literarischer Beziehung, wie auch auf naturwissenschaftlichem Gebiete durch viele neue Erfindungen rühmlichst bekannt ist — eine geistige, fruchtbringende und erbauende Betreibung der Naturwissenschaften vorschlägt. In der freisinnigsten und nobelsten Weise, aber auch derb und geißelnd, wo es die Aufdeckung der Lüge betrifft, werden sowol die Lehren der Physik als auch die Interessen der Gegenwart besprochen. Die Schrift ist nicht bloß dem Eingeweihten verständlich, sondern recht eigentlich für jeden Gebildeten geschrieben.

Hamburg. **Verlags-Comptoir.**

Im Verlage der Unterzeichneten ist erschienen und durch alle Buchhandlungen zu beziehen:

Lehrbuch der Chemie. **Zum Theil auf Grundlage von Dr. Thomas Graham's „Elements of Chemistry" bearbeitet vom Prof. Dr. Fr. Jul. Otto. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. gr. 8. 3 Bde. Fein Velinpap. geh. Preis à Lfrg. 12 Ggr.**

Die neue Auflage des Graham-Otto'schen Lehrbuches der Chemie wird, wie die erste, in Doppellieferungen von 12 Bogen erscheinen. Ausgegeben sind Bd. I. Lfrg. 1—5, Bd. II. Lfrg. 1—4 und Bd. III. Lfrg. 1 und 2. Der Prospectus ist durch jede Buchhandlung zu beziehen.

Braunschweig, im Mai 1845.

Friedrich Vieweg und Sohn.

In der Arnoldischen Buchhandlung in Dresden und Leipzig ist soeben erschienen:

J. J. Berzelius,

Lehrbuch der Chemie.

Fünfte, vermehrte, verbesserte und umgearbeitete Auflage.

Erster und zweiter Band

mit 19 eingedruckten Holzschnitten und 3 Kupfertafeln.

gr. 8. broch. 9 Thlr.

Um den Besitzern der ersten 5 Bände der vierten Auflage von

Berzelius

Lehrbuch der Chemie

die Anschaffung der letzten 5 Bände zu erleichtern, haben wir uns entschlossen, sie bis zu Ende dieses Jahres zu folgenden ermäßigten Preisen abzulassen:

Band VI statt 3⅓ Thlr. für 2¼ Thlr. Band VII statt 3⅓ Thlr. für 2⅓ Thlr. Bd. VIII statt 4 Thlr. für 2⅔ Thlr. Bd. IX statt 4⅔ Thlr. für 3⅙ Thlr. Bd. X statt 3⅔ Thlr. für 2½ Thlr.

Alle Buchhandlungen sind in den Stand gesetzt, die angegebenen Preise festzuhalten.



